

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

2015

Anna Partainen

# MALLIPOHJAISEN HANKKEEN LÄHTÖAINEISTO



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anna Partainen

## MALLIPOHJAISEN HANKKEEN LÄHTÖAINEISTO

Mallintamisen käyttöönotto infra-alalla on lisännyt merkittävästi hankkeen elinkaaren aikana liikkuvaa tiedon määrää. Tien suunnitteluprosessissa tämä näkyy muun muassa seuraavaan suunnitteluvaiheeseen luovutettavassa lähtöaineistossa, jossa perinteisen digitaalisen aineiston lisäksi luovutetaan myös mallinnettu aineisto, joka koostuu lähtötietomallista ja suunnitelmamalleista.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mallipohjaisen hankkeen digitaalisen ja mallinnetun lähtöaineiston laatua. Selvitys toteutettiin haastattelemalla E18 Hamina–Vaalimaa -moottoritiehankkeen tarjouskilpailuun osallistuneita konsortioita. E18 Hamina–Vaalimaa -hanke toimi Liikenneviraston yhtenä pilottihankkeena mallintamisen käyttöönotossa.

Lähtöaineistossa ilmenevät ongelmat liittyvät muun muassa mallintamiseen liittyvien käytäntöjen vakiintumattomuuteen, Yleisten inframallivaatimusten ja muiden mallintamista ohjaavien julkaisujen kattamattomuuteen sekä suunnitteluohjelmistojen puutteisiin. Mallintamisen käyttöönotto onkin luonut merkittävän tarpeen erilaisten teknisten ja sosiaalisten tekijöiden kehittämiselle.

Tällä hetkellä mallintamiseen liittyvä kehitystyö näkyy muun muassa yhteisten ohjeiden, nimikkeistöjen ja tiedonsiirtoformaattien kehittämisenä ja yhdenmukaistamisena. Näiden tekijöiden lisäksi tarvitaan laaja-alaista yhteistyötä ja vuoropuhelua eri osapuolten välillä ihmisten oman osaamisen ja teknologian kehittämiseksi, jotta mahdollistettaisiin tulevaisuuden visio fyysisestä infrastruktuurista ja toimivasta tiedonhallinnasta.

### ASIASANAT:

inframalli, inframallintaminen, mallipohjainen, lähtöaineisto, lähtötietomalli, suunnitelmamalli, tiedonhallinta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Community Infrastructure Engineering

December 2015 | 58 + 9

Instructors: Pirjo Oksanen M.Sc. (Eng.), Ville Suntio B.Sc. (Eng.)

Anna Partainen

# INITIAL AND DESIGN DATA IN A MODEL-BASED PROJECT

The introduction of the infra information modelling has increased the amount of moving data in different projects significantly. In the road planning process the increased amount of information can be seen, for example, in the material that is handed over from a previous phase to the offer or next planning phase. In model-based projects, in addition to the traditional digital data, the assignable material consists of modelled data such as initial data model and design model.

The target of this thesis was to determine the quality of the digital and modelled data in model-based projects. The survey was implemented by interviewing the participant in a competitive bidding of designing and building the E18 Hamina–Vaalimaa -project, which was one of the first model-based projects of Finnish Transport Agency.

The problems that appear in the assignable data are caused by different factors such as unestablished practices concerning infra information modelling, defective Common InfraBIM YIV 2015 Requirements and other publication about modelling as well as shortages in technology and planning software. As we can see the introduction of the infra information modelling has caused a notable need for improving and developing different kind of technical and social aspects.

At this time the development work is focused on improving and standardizing the common modelling requirements and instructions, classification systems and data exchange formats. In addition to them, broad cooperation and interaction is needed between different parties operating in the building branch in order to develop expertise and also technology. This way the vision of the physical infrastructure and effective information management can be achieved.

## KEYWORDS:

infrastructure information model, infra information modelling, model-based, initial and design data, initial data model, design model, information management

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 TIEN MALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU</b>	<b>10</b>
2.1 Historia ja kehitys	10
2.2 Inframallintaminen	12
2.3 Mallintaminen osana tien suunnitteluprosessia	14
2.4 Lähtötietomalli	18
2.5 Suunnitelmamalli	20
2.6 Yhdistelmämalli	22
<b>3 MALLINNUSOHJEET JA TIEDONSIIRTOFORMAATIT</b>	<b>24</b>
3.1 Yleiset inframallivaatimukset 2015	24
3.2 InfraBIM-nimikkeistö	25
3.3 Liikenneviraston julkaisut	26
3.4 Kaupunkien ja kuntien julkaisut	27
3.5 Tiedonsiirtoformaatit	28
<b>4 LIIKENNEVIRASTON PILOTTIHANKE: E18 HAMINA–VAALIMAA</b>	<b>32</b>
4.1 Hankkeen esittely	32
4.2 Inframallintaminen hankkeessa	33
<b>5 TARJOUSVAIHEEN DIGITAALINEN LÄHTÖAINEISTO</b>	<b>36</b>
5.1 Yleistä	36
5.2 Lähtötietomalli	37
5.3 Lähtötietokone	39
5.4 Suunnitelmamalli	41
5.5 Yhdistelmämalli	44
5.6 Kokonaisvaltainen näkökulma	45
<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>47</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>58</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Haastattelulomake.

## **KUVAT**

Kuva 1. Inframallinnus kokonaisuutena.	13
Kuva 2. Tien suunnitteluprosessin yleinen kulku.	15
Kuva 3. Lähtötietomalli hankkeen elinkaaren osana.	18
Kuva 4. Lähtötietomallin rakenne.	19
Kuva 5. Väylämalli ohjaa muiden tekniikkalajien suunnittelua ja mallinnusta.	21
Kuva 6. E18 Hamina–Vaalimaa -moottoritiehanke.	32

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Inframodel3:n sisältöä väyläsuunnitteluun liittyen.	29
---	----

## SANASTO

buildingSMART	bS. Avoin, kansainvälinen yhteenliittymä IFC-tiedonsiirtostandardin kehittämiseksi ja sen käyttöönotto edistämiseksi. Tunnettiin aiemmin nimellä International Alliance for Interoperability. (InfraBIM 2014.)
BuildingSMART Finland	bSF. Suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelutuottajien muodostama yhteistyöfoorumi, jonka tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea mallipohjaisten prosessien käyttöönottoa. (bSF 2015.)
Inframalli	Infrarakenteen kolmiulotteista esittämistä digitaalisessa muodossa ominaisuustietoineen. Inframallia käytetään puhuttaessa infra-alan tietomalleista. (InfraBIM 2014.)
Inframallintaminen	Ala, joka käsittelee infrarakenteiden mallintamista tietokonesovelluksilla sekä infratietojen kuvaamista ja tiedonsiirtoa tietokonesovelluksilla tulkittavasta muodossa (InfraBIM 2014).
Inframodel	IM. Kansallinen tiedosiirtoformaatti, joka perustuu kansainväliseen LandXML-määrittelyyn. (InfraBIM 2014.)
LandXML	XML-pohjainen tiedonsiirtoformaatti, joka sisältää määrittelyt infra- ja mittautiedolle (InfraBIM 2014).
Lähtöaineisto	Edellisestä hankevaiheesta luovutettava aineisto, joka sisältää digitaalisen ja mallinnetun aineiston.
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäsennehtynä digitaalisessa muodossa (InfraBIM 2014).
Mallipohjainen	Tiedon käsittelyn soveltamistapa, jossa kohdetta kuvataan tietokonesovelluksilla mallina ja sen muodostavina osina. Sovellukset pystyvät automaattisesti tulkitsemaan mallin sisältämiä ominaisuustietoja. (InfraBIM 2014.)
Natiiviformaatti	Tiedon muoto, joka on tallennettu tietyn sovellusohjelman omassa tallennusmuodossa (InfraBIM 2014).
Rajapinta	Liittymä, jonka kautta on mahdollista siirtää tietoja ohjelmistojen välillä tai ohjelmiston ja käyttäjän välillä (InfraBIM 2014).
Suunnitelmamalli	Infrarakenteen tai -järjestelmän suunnitteluratkaisun sisältämä malli (InfraBIM 2014).
Tiedonsiirto	Tietojen siirto sovellusten kesken, tyypillisesti tiedonsiirtotiedoston välityksellä (InfraBIM 2014).
Tiedonsiirtoformaatti	Tietokonesovelluksilla tulkittava muoto tiedolle, sen tallentamiseksi, saantiin, siirtoon ja arkisointiin (InfraBIM 2014).

Tietokanta	Jäsennelty ja hallittu tietojen kokoelma, jota yksi tai useampi sovellus voi käyttää ja päivittää (InfraBIM 2014).
Toteutusmalli	Suunnitelmamallista jalostettu malli, jota käytetään rakentamisvaiheessa koneohjausmallina tai paikalleemittausmallina (InfraBIM 2014).
Yhdistelmämalli	Lähtötietomallista ja suunnitelmamallista yhdistetty malli (InfraBIM 2014).

#### eXtensible Markup Language

XML. Yleinen menetelmä, jota voidaan soveltaa tietojen määrittelemiseksi ja kuvaamiseksi tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa. (Junnonen 2009.)

# 1 JOHDANTO

Inframallintaminen ja sen käyttöönotto ei ole vain teknologinen uudistus, vaan kyse on koko toimintakulttuurin muutoksesta. Mallintamisella tarkoitetaan toimintaa, joka edistää mallipohjaista suunnittelua, rakentamista ja omaisuuden hallintaa. Sillä pyritään tuottavuuden, laadun ja kustannustehokkuuden parantamiseen infrahankkeen elinkaaren kaikissa vaiheissa, lähtötietojen hankinnasta suunnitteluun ja rakentamisesta ylläpitoon. Mallintamisella tavoiteltavat hyödyt liittyvät

- **tiedon jälleenkäyttöarvoon**, jolloin tieto siirtyy hankevaiheesta seuraavaan ja sitä voidaan hyödyntää myös omaisuuden hallinnassa
- **suunnittelun laadunvarmistukseen**, jolloin suunnitteluvirheet ja yhteensopivuusongelmat havaitaan ajoissa ja suunnitteluratkaisujen kokonaisoptimointi helpottuu
- **vuorovaikutuksen ja -puhelun parantamiseen** suunnitelmien havainnollistamisen ja visualisoinnin myötä
- **työmaaprosessien tehostamiseen** toteutusvaiheen suunnittelun ja ohjauksen tehostuessa ja esimerkiksi koneautomaation parantaessa rakentamistyön tuottavuutta. (Liikennevirasto 2014a.)

Mallipohjaisen toiminnan tarjoamien etujen hyödyntäminen vaatii kuitenkin jatkuvaa panostusta mallintamiseen liittyvien toimintatapojen, standardien, rajapintojen ja ohjelmistojen kehittämiseen. Hankkeissa tilaajan tehtävänä on arvioida, miten mallintamisella saavutetaan hankkeelle paras mahdollinen lisäarvo ja edistetään asetettujen tavoitteiden saavuttamista. palveluntuottajien taas tulee osata sovittaa omat prosessinsa tilaajan tavoitteisiin. Tilaajilla ja palveluntarjoajilla on siis oltava yhteinen käsitys siitä, mitä ja miten mallinnetaan hankkeiden eri vaiheissa. (BuildingSMART Finland 2015a.)

Yhteisen käsityksen saavuttaminen ja mallintamisen laajempi käyttöönotto infraalalla on edellyttänyt sekä uusien että olemassa olevien ohjeiden, tiedonsiirto- menetelmien ja yhteisen mallintamista tukevan nimikkeistön kehittämistä ja päi-



vittämistä. Suomessa kehitystyö on liittynyt toukokuussa 2015 julkaistuihin Yleisiin inframallivaatimuksiin (YIV 2015), mallinnusta tukevaan InfraBIM-nimikkeistöön ja avoimeen tiedonsiirtoformaattiin (Inframodel3), joita tällä hetkellä kehittää ja hallinnoi BuildingSMART Finlandin (bSF) Infra-toimialaryhmä. Myös muut toimijat, kuten isoimmat tilaajaorganisaatiot ja kaupungit, ovat kehittämässä omia mallinnukseen liittyviä ohjeita ja julkaisujaan. Muun muassa Liikennevirasto täsmentää jatkuvasti mallinnusohjeitaan ja edellyttää Inframodel3-tiedonsiirtoformaatin käyttöä hankkeissaan. (bSF 2015a.)

Koska mallipohjainen toimita on vielä murrosvaiheessa, ei sen tarjoamia etuja ole vielä täysin saavutettu. Syitä tähän ovat muun muassa Yleisten inframallivaatimusten kattamattomuus, suunnitteluohjelmistojen puutteet, tilaajan mallipohjaisen hankinnan vakiintumattomuus sekä yleisesti uudet toimintatavat eri palveluntuottajien ja toimijoiden keskuudessa infra-alalla. Opinnäytetyössä pyritäänkin tuomaan esille niitä mallintamiseen liittyviä asioita, jotka vaikuttavat yhden infran osakokonaisuuden, suunnittelun, tuottavuuteen. Työn tavoitteena on kehittää mallipohjaisten hankkeiden lähtöaineiston sisällölle ja mallin muodostusprosessille asetettuja vaatimuksia siten, että aineistojen hyödyntäminen on mahdollisimman tehokasta hankkeen seuraavassa vaiheessa.

Opinnäytetyössä tutkitaan E18 Hamina–Vaalimaa -elinkaarihankkeen (PPP) palvelusopimuksen tarjousvaiheen digitaalista, tiesuunnitelmavaiheessa ja tiesuunnitelman täydennysosassa mallinnettua lähtöaineistoa. Hanke oli yksi Liikenneviraston pilottikohteista mallintamisen käyttöönotossa. Lähtöaineiston laadua tutkitaan haastatteleamalla hankkeen tarjousvaiheeseen osallistuneita konsortioita. Haastattelussa selvitetään digitaalisessa lähtöaineistossa ilmenneitä ongelmia ja puutteita tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun näkökulmasta. Peilaamalla tuloksia inframallintamisen toimintatapoihin ja ohjeistukseen pyritään saamaan vastaus kysymykseen, millaisella digitaalisella aineistolla on suurin jälleenkäyttöarvo tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyö rajautuu tiesuunnitelma- (ja TTS-vaiheen) ja rakennussuunnitelmavaiheen väliseen rajapintaan. Liikennevirasto toimii työn tilaajana, ja työ tullaan julkaisemaan Liikenneviraston *Tutkimuksia ja selvityksiä* -sarjassa.

## 2 TIEN MALLIPOHJAINEN SUUNNITTELU

### 2.1 Historia ja kehitys

Tietokoneiden käyttö infrasuunnittelussa alkoi 1960–1970-luvuilla, kun aiemmin käsityönä tehdyt geometrialaskennat sekä maanmittauksen ja kunnallistekniikan laskennat alettiin tehdä keskuskoneiden avulla reikäkortteille. Laskennat suoritettiin ulkopuolisissa tietokonekeskuksissa, mutta menetelmän luomat edut (nopeus, tarkkuus ja pienemmät kustannukset) takasivat tietotekniikan käytön lisääntymisen suunnittelun työkaluna. Tiehallinnon suunnittelutoimistoille maksamat erilliskorvaukset tietotekniikkaa hyödyntävästä suunnittelusta vauhdittivat entisestään tietotekniikan käyttöönottoa suunnittelussa, mikä taas vaikutti suuresti ohjelmistojen syntyyn ja kehitykseen. (Junnonen 2009, 24.)

1980-luvulla erilaiset tietotekniset laitteet ja ohjelmistot alkoivat vakiinnuttaa asemaansa suunnittelutyössä infra-alalla. (Junnonen 2009, 24). Väyläsuunnittelussa tien mittalinjan päätepistelaskenta tehtiin koneellisesti ja toimitettiin työmaalle paperille tulostettuna maaston mallinnusta varten. Maanpinnan poikkileikkausvaatusten perusteella suunnittelijat piirsivät maanpinnan millimetripaperille pituusleikkauksiin ja paalukohtaisiin poikkileikkauksiin, minkä jälkeen itse tien suunnittelu voitiin aloittaa. (A. Salonen, henkilökohtainen tiedonanto 25.7.2015.)

1990-luvulla tietokoneet ja mikrotietokoneet alkoivat olla suunnittelutoimistojen käytössä jokapäiväisessä työssä. Suunnitteluohjelmistot olivat helppokäyttöisiä graafisia ohjelmistoja. (Junnonen 2009, 25.) Mittalinjan vaaka- ja pystygeometriaan sidottiin ”poikkileikkausluuranko” ja poikkileikkauksen mittoja muutettiin parametreilla. Jatkuvasta mallista voitiin puhua, kun tähysohjelmalla saadut tiedot yhdistettiin työmaalla. Massalaskennassa siirryttiin käsinlaskemisesta tietotekniikkaa hyödyntävään laskentatapaan, ja myös käsinpiirretyistä kartoista ja suunnitelmapiirustuksista siirryttiin pikkuhiljaa sähköiseen kuvatuotantoon dokumenttipohjaisten piirustusohjelmien (CAD-ohjelmat) yleistyttyä. (A. Salonen, henkilökohtainen tiedonanto 25.7.2015.)

2000-luvulla hankkeiden läpiviemiseen liittyvän informaation kasvava määrä alkoi aiheuttaa haasteita suunnitteluohjelmistojen suorituskyyvälle. Tietoa oli yhäkin liikaa ja tiedonhallinta alkoi muodostua ongelmaksi, eivätkä suunnittelussa käytetyt dokumenttipohjaiset piirustusohjelmat enää pystyneet suoriutumaan suunnittelutiedon ja sen muutosten hallinnasta riittävän tehokkaasti. Tämän muutoksen myötä suunnitteluohjelmistot alkoivat kehittyä mallipohjaista suunnittelua tukeviksi ohjelmistoiksi, joilla pystyttiin tukemaan koko suunnitteluprosessia. (Junnonen 2009, 26.)

Tiedon mallipohjaisella kuvaamisella on mahdollistettu se, että tietoa pystyvät ihmisten lisäksi tulkitsemaan myös tietotekniset järjestelmät ja ohjelmat. Aiemmin suunnitelmavaiheesta toiseen siirryttäessä sähköisessä muodossa olevia laskentoja ei toimitettu sähköisesti, vaan laskennat toimitettiin paperille tulostettuna ja seuraavan suunnitteluvaiheen suunnittelija naputteli esimerkiksi väylän mittalinjan geometriat käsin omiin järjestelmiinsä. Suunnitteluohjelmistojen kehityksen myötä siirryttiin siihen, että suunnitelmatietoa ja mittausaineistoa alettiin siirtää ensin CD-rommeilla ja myöhemmin CD-levyillä, jolloin esimerkiksi väylän mitta- ja reunalinjojen mallinnetut geometrialinjat saatiin ladattua sähköisessä muodossa seuraavan suunnitteluvaiheen käyttöön. (A. Salonen, henkilökohtainen tiedonanto 25.7.2015.) Tämän ajanhetken tavoitteena taas on, että infra-hankkeen mallinnettu ja digitaalinen aineisto kaikkine nykytila-, suunnitelma- ja viiteaineistoineen saataisiin toimitettua oikeassa muodossa ilman muokkaustoimenpiteitä seuraavan vaiheen käyttöön ja että tieto säilyisi hankkeen koko elinkaaren ajan (Liikennevirasto 2014a).

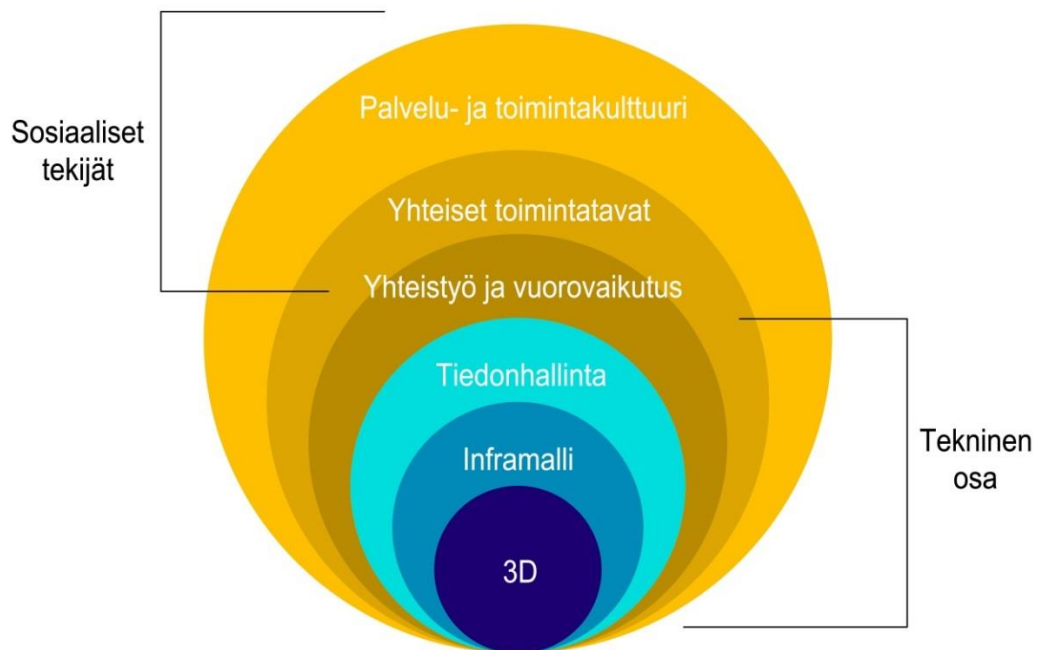
Mallintaminen tulee tulevaisuudessa muuttamaan myös suunnitelmien dokumentointitapoja. Vielä tähän päivään asti suunnittelutyön tiedonhallinta on ollut dokumenttipohjaista. Dokumenttipohjaisessa tiedonhallinnassa mallista on tuotettu kaksikulotteiset, paperiset suunnitelmapiirustukset, jotka on toimitettu tilaajalle ja urakoitsijalle paperilla sekä sähköisesti pdf-dokumentteina ja dwg-kuvina. Kaksikulotteisen kuvaamistavan ongelmana on, että informaatio on esitetty useissa eri kuvissa ja vain kaksikulotteisena, jolloin suunnitelmaratkaisujen yhteensovittaminen tai esimerkiksi suunnitelmien tarkastaminen on ollut hanka-

laa. Mallintamisen käyttöönoton myötä pyritäänkin pitkällä aikavälillä siihen, että dokumenttipohjaisesta tiedonsiirrosta pystyttäisiin siirtymään digitaalisen tiedon jakamiseen. Tällä tarkoitetaan sitä, että suunniteltujen ja toteutettujen kohteiden inframallit olisivat jossain tietovarastossa tai palvelimilla hankkeen eri osapuolten saatavilla ja reaaliajassa päivitettävissä. Siirtyminen täysin mallipohjaiseen suunnittelu-, toteutus- ja ylläpitoprosessiin ei kuitenkaan tällä hetkellä ole mahdollista, vaan perinteinen dokumenttipohjainen tiedonsiirto ja -hallinta säilyvät mallintamisen rinnalla. Suunnitelmien paperidokumentaatiota tulevaisuudessa puoltaa myös muun muassa juridisiin, hallinnollisiin ja hyväksymismenettelyihin liittyvät syyt. (Liikennevirasto 2014a.)

Tulevaisuuden näkymänä on myös esitetty, että mallipohjainen suunnittelu tapahtuisi yhteisessä tietokannassa, jossa malleja olisi mahdollista koota ja esittää eri tavoilla eri tarkoituksiin. Suunnittelutietoa voitaisiin hyödyntää muun muassa projektin hallinnassa, kustannusseurannassa, työsuunnittelussa ja määrälaskennoissa poimimalla kuhunkin tarkoitukseen sopiva tieto. Sisältöä voitaisiin tarkastella esimerkiksi piirustuksina, 3D-malleina, tekstiselostuksina, kaavioina, taulukoina ja tilastoina yms. (Liikennevirasto 2014a.)

## 2.2 Inframallintaminen

Yhden määritelmän mukaan inframallintamisella tarkoitetaan alaa, joka käsittelee infrarakenteiden mallintamista tietokonesovelluksilla sekä infratietojen kuvaamista ja tiedonsiirtoa tietokonesovelluksilla tulkittavasta muodosta. Toisen määritelmän mukaan se on yleiskäsitys toiminnasta, joka tukee mallipohjaista suunnittelua, rakentamista ja omaisuuden hallintaa. Joissakin yhteyksissä mallintamisesta puhutaan täysin uudenlaisena tapana tehdä infraa ja muutoksena koko alan toimintakulttuurissa ja -tavoissa. Mallintaminen voidaan nähdä monikerroksisena kokonaisuutena (kuva 1), jossa teknisen ytimen ympärillä vaikuttaa joukko erilaisia sosiaalisia tekijöitä, kuten yhteiset mallipohjaiseen suunnitteluun, rakentamiseen ja omaisuuden hallintaan liittyvät toimintatavat ja mallintamista ja digitalisaatiota tukeva toimintakulttuuri.



Kuva 1. Inframallinnus kokonaisuutena.

Mallintamisen teknisen ytimen muodostaa inframalli, jolla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevan infrakohteen tai tietyn rakenteen kolmiulotteista esittämistä ominaisuustietoineen. Ominaisuustietoja voivat olla esimerkiksi sadevesiviemärin materiaali ja halkaisija tai väylärakenteen pintatunnus. Ominaisuustiedot esitetään yhteisesti sovittujen tietomäärittelyjen mukaisesti, jolloin tietoa pystyvät ihmisten lisäksi tulkitsemaan myös eri tietotekniset järjestelmät ja ohjelmat. Kolmiulotteisten rakenteiden ja niiden ominaisuustietojen lisäksi malliin kuuluu paljon myös immateriaalista tietoa, kuten päätöksiä, lupia ja erilaisia rajatietoja, kuten kaava-alueet yms. Olennaisena osana mallintamiseen liittyy myös tiedonhallinta. Tavoitetilassaan inframallien avulla hallinnoidaan hankkeen koko elinkaaren aikaisia tietoja. Dokumenttipohjaiseen tiedonhallintaan verrattuna hankkeen tiedot eivät ole esitettynä useissa eri piirustuksissa ja raporteissa vaan sähköisessä tietokannassa, josta tiedon hakeminen on helpompaa ja sieltä voidaan poimia tarvittavat dokumentit kunkin käyttötarpeen ja käyttäjän mukaan (Liikennevirasto 2014a).

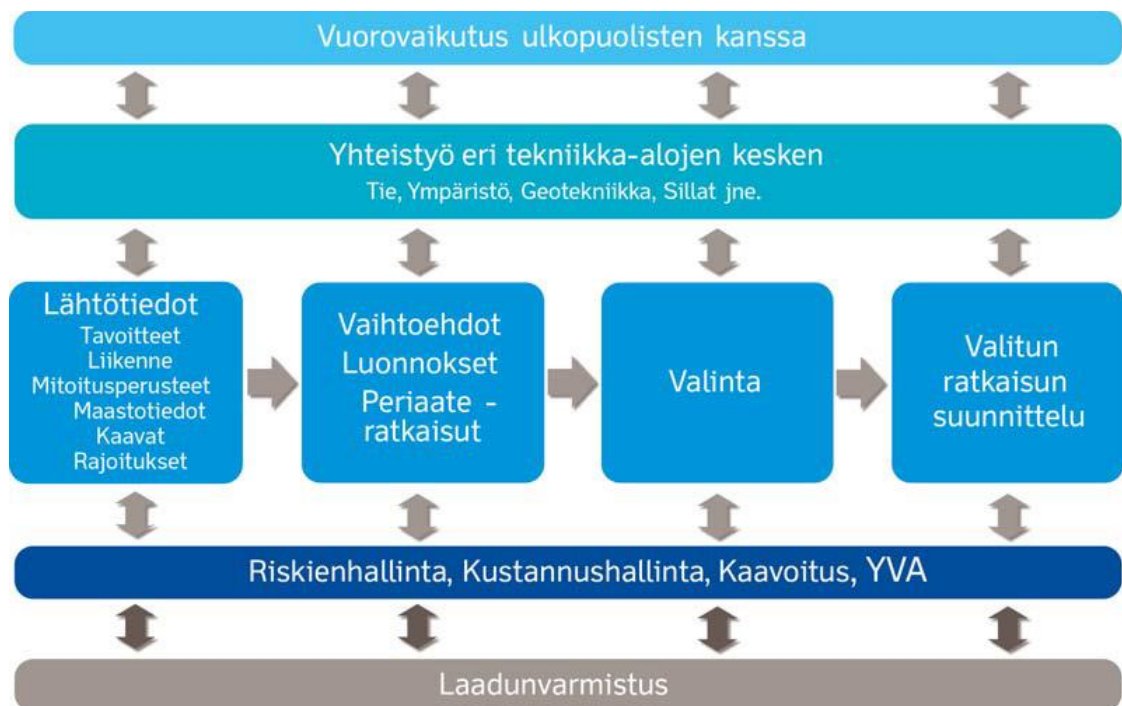
Inframallintamisen kokonaisvaltaisena tavoitteena on laadun, tehokkuuden ja tuottavuuden parantaminen hankkeen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Yleisesti ottaen infra-alan tuottavuus on heikompaa kuin muilla aloilla. Infrasuunnittelussa tuottavuuteen ja tehokkuuteen vaikuttaa muun muassa ajan kulumisen lähtötietojen selvittämiseen sekä lähtöaineiston muokkaukseen hyödynnettävissä olevaan muotoon. Tarjousvaiheessa määrät lasketaan uudelleen, vaikka massat on jo kertaalleen suunnitteluvaiheessa laskettu. Tällöin päällekkäinen työ ja määrälaskentaan käytetyt työtunnit syövät aikaa tarjousvaiheessa. Rakennusvaiheessa kustannuksia aiheuttaa huomattava hukan määrä. Sitä voidaan kuitenkin vähentää suunnitelmatarvokkuuden kasvaessa ja rakentamisen laadun parantuaessa mallintamisen myötä. Tilaajan näkökulmasta tuottavuutta huonontaa muun muassa tiedonkulun ongelmat sekä puutteet kommunikoinnissa ja tiedon dokumentoinnissa. (Perttula 2013.) Toimivaa ja luotettavaa tiedonvaihtoa hankkeen eri osapuolten kesken voidaankin pitää yhtenä tärkeimmistä tekijöistä infrahankkeen onnistumisessa. Tiedon tehokkaan käytön ja hallinnan kannalta keskeistä on, että tieto ymmärretään samalla tavalla ja sitä jäsennellään ja hallinnoidaan yhteisesti sovitulla tavalla. Tällöin mallinnettu tieto toimii pohjana hankkeen koko elinkaaren ajan. (Liikennevirasto 2014a.)

### 2.3 Mallintaminen osana tien suunnitteluprosessia

Tien suunnittelu on vaiheittain tarkentuva prosessi, jossa on jatkuvasti otettava huomioon useita eri tekijöitä teknisesti, ympäristöllisesti ja kokonaistaloudellisesti parhaan kokonaisratkaisun saavuttamiseksi (Liikennevirasto 2014a). Suunnitteluprosessi esiselvityksistä ja yleissuunnittelusta rakennussuunnitelman laadintaan vie yleensä useita vuosia. Usein myös osapuolet vaihtuvat siirtyäessä suunnitteluvaiheesta seuraavaan. Tällöin riski tiedon katoamiseen on merkittävä, mikä asettaa tiedon dokumentoinnille ja hallinnalle erityistä painoarvoa koko suunnitteluprosessin ajan. Mallinnuksen yhtenä tavoitteena onkin tukea tien suunnittelun prosessia tiedonhallinnan kautta.

Mallipohjainen suunnittelu ei kuitenkaan muuta suunnittelulle asetettuja vaatimuksia, vaan sen on tarkoitus parantaa muun muassa suunnittelun laatua, tarkkuutta ja suunnittelun aikaista tiedonhallintaa toimien koko prosessia tehostavana työkaluna. Edelleenkin tilaajan tavoitteena on siis saada väylä paikasta A paikkaan B, jolloin suunnittelun vaatimuksena on toteuttaa lakien, määräysten ja ohjeiden mukainen suunnitelma, jonka perusteella hanke voidaan toteuttaa kokonaistaloudellisesti parhaalla mahdollisella tavalla huomioiden ihmisten ympäristö, terveys ja turvallisuus.

Kukin suunnitteluvaihe etenee pääpiirteittäin kuvassa 2 esitetyn prosessin mukaisesti. Suunnitteluprosessi alkaa lähtötietojen hankinnalla ja analysoinnilla. Lähtötietojen merkitys korostuu mallipohjaisessa hankkeessa, sillä suunnittelualueen nykytilaa kuvaavat tiedot on muokattava mallipohjaista suunnittelua tukevaan muotoon. Lähtötietojen keräämisen jälkeen suunnittelu etenee eri vaihtoehtojen tutkimisesta yhden, valitun ratkaisun tarkempaan suunnitteluun. Hankkeen suunnitteluun osallistuu normaalisti useita suunnittelijoita ja asiantuntijoita, ja yleensä eri suunnittelijat vastaavat oman tekniikkalajinsa suunnittelusta ja ratkaisujen sovittamisesta suunnitelmakokonaisuuteen.



Kuva 2. Tien suunnitteluprosessin yleinen kulku (Liikennevirasto 2014a).

Koko prosessin ajan lähtötietojen keräämisestä valitun ratkaisun valintaan on otettava huomioon teknisten ratkaisujen lisäksi myös muita tekijöitä. Vuorovaikutuksella suunnittelijoiden ja eri sidosryhmien (esim. asukkaat, maanomistajat ja eri viranomaistahot) välillä pyritään varmistamaan, että hankkeelle saadaan mahdollisimman laaja hyväksyntä. Kolmiulotteiset visuaaliset mallit tarjoavat esimerkiksi asukkaille ymmärrettävämmän kuvan hankkeen toimenpiteistä verrattuna kaksiulotteisiin piirustuksiin. Kustannusten selvittäminen, riskienhallinta ja laadunvarmistustoimenpiteet sekä vaikutukset ympäristöön ja maankäyttöön ovat myös olennainen osa suunnitteluprosessia, ja ne tulee ottaa huomioon jatkuvasti suunnittelun edetessä. Mallipohjaiset toimintatavat tarjoavatkin menetelmiä myös niiden selvittämisen ja hallinnan tueksi.

Suunnittelun tavoitteet ja painopisteet vaihtelevat suunnitteluvaiheen mukaan ja mallinnusta käytetäänkin eri tavoin hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. Esisuunnitteluvaiheessa mallinnuksen rooli on tällä hetkellä melko pieni ja esimerkiksi 3D-mallintamista ja havainnekuvia tehdään vain isoimpien hankkeiden merkittävimmistä kohteista. Yleissuunnitteluvaiheessa mallinnusta käytetään apuna vuoropuhelun ja -vaikutuksen tukena suunnitelmaratkaisujen ja vaihtoehtojen havainnollistamisessa asianosaisten, sidosryhmien ja asiantuntijoiden keskuudessa. Yleissuunnittelussa inframallin avulla voidaan tutkia muun muassa geometriaa, tilavarauksia ja suunnitelman sovittamista ympäristöön. (bSF 2015f.)

Tie- ja rakennussuunnitelmavaiheissa mallintamisen tarkkuustaso kasvaa. Tiesuunnitelman laatiminen on yksityiskohtaista suunnittelua, jolla tähdätään hankkeen toteuttamiseen ja rakennussuunnitelman laatimiseen. Näin ollen tiesuunnitelmavaihe on tärkeä lähtötietojen hankkimisen ja analysoinnin kannalta. Aiemmissa suunnitteluvaiheissa kerätyt lähtötiedot toimivat pohjana tiesuunnitelmassa tehtävälle lähtötietomallille, jota päivitetään koko suunnitteluprosessin ajan ja joka toimii jatkosuunnittelussa lähtötietomallin pohjana. Lähtötietomallin lisäksi suunnitelmamalli tulee tehdä sillä tarkkuudella, että suunnitelman ratkaisuista voidaan olla varmoja. Tiesuunnitelmavaiheen mallinnuksen tulee esittää hankkeen perusratkaisu riittävän yksityiskohtaisesti sekä suunnitteluratkaisujen että tilantarpeiden osalta. Muun muassa väylien ja väyläympäristön rakenne-



mallien on oltava riittävän tarkkoja, jotta väylien sovittaminen ympäristöön voidaan suunnitella tarkasti ja niiden vaikutukset voidaan arvioida. Tiesuunnitelmavaiheessa mallinnuksen tulee palvella myös kustannusten määrittämistä ja massalaskentaa. Malliaineistoa käytetään myös vuorovaikutuksen tukena erilaisten havainnekuvien ja visualisointien avulla. (bSF 2015e; bSF 2015f; Liikennevirasto 2014a.)

Tiesuunnitelman (ja tiesuunnitelman täydennysosan) suunnitelmamallit ja lähtötietomalli toimivat perustana rakennussuunnitelman laadinnalle. Tiesuunnitelman täydennyssuunnitelma (TTS) laaditaan, jos tiehankkeen toteutukseen sisältyy rakennussuunnittelu (esim. ST-hankkeet ja elinkaarimalli). TTS:n perusteella tarjoajien on kyettävä arvioimaan hankkeen suunnittelu- ja rakentamiskustannukset riittävän tarkasti. Siksi TTS-vaiheen inframallinnuksessa on panostettava lähtötietomallin laatuun ja laajuuteen sekä suunnitelmamallien tarkkuustasoon. (Liikennevirasto 2014a.)

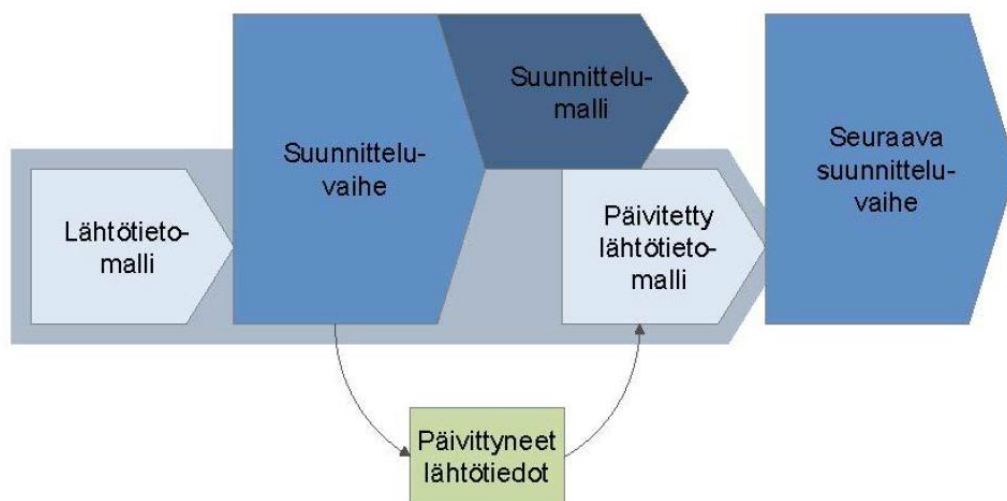
Rakennussuunnitteluvaiheen mallinnus tehdään siinä tarkkuudessa, että infra-kohte voidaan toteuttaa mallin perusteella. Tässä vaiheessa lopullisista suunnitelmaratkaisuista laaditaan rakennusvaihetta palveleva toteutusmalli, jota käytetään esimerkiksi koneohjauksessa ja paikalleenmittauksessa. Rakennussuunnitelmavaiheessa mallinnetaan kaikki hankkeen rakentamisessa tarvittavat väylän osat. Siihen sisältyvät tien rakenne ja tiehen kuuluvat kuivatus-, pohjanvahvistus-, meluntorjunta- ja ympäristörakenteet sekä varusteet ja laitteet, kuten liikenteenohjauslaitteet ja valaisimet. (Liikennevirasto 2014a.)

Inframalli dokumentoidaan siten, että mallin sisältö on helposti hahmotettavissa. Tietomalliselostus on tärkein tietomalliin liitettävä dokumentti. Selostuksessa kuvataan suunnitelmamallien tila ja se sisältää kaikki mallin käyttöön ja luotettavuuteen liittyvät asiat. Selostuksessa kerrotaan, mitä tietoa malliaineisto sisältää ja miten sen poikkeaa oletetusta. Sen tarkoituksena on auttaa eri osapuolia saamaan käsitys suunnittelun tarkkuudesta, mikä korostuu siirryttäessä hankevaiheesta seuraavaan. Malliselostus laaditaan aina tietomallin laatimisen yhteydessä ja se tehdään sekä lähtötieto- että suunnitelmamallille. (bSF 2015c.)

Yleinen sisältöohje malliselostukselle on esitetty Yleisten inframallivaatimusten osassa 2 Yleiset vaatimukset.

## 2.4 Lähtötietomalli

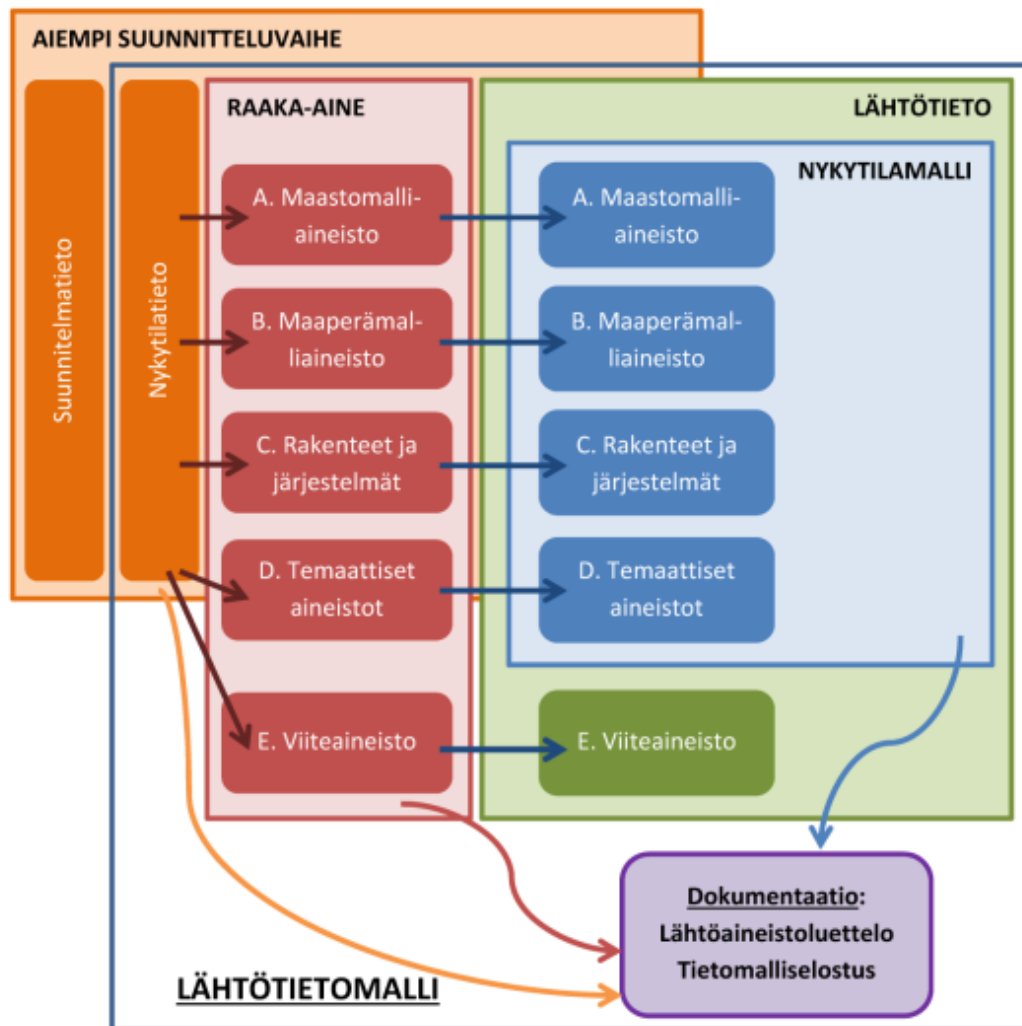
Mallipohjaisen hankkeen lähtöaineisto muodostuu nykytilaa kuvaavista lähtötiedoista sekä aiempien suunnitelmavaiheiden suunnitelma-aineistoista. Nykytila-aineistot kootaan lähtötietomalliin, jolla tarkoitetaan digitaalista tietokantaa, jossa eri lähteistä saadut ja mitatut tiedot ovat yhteneväisessä muodossa, kansioitain järjestettynä ja samojen periaatteiden mukaan nimettyinä. Lähtötietomallin tavoitteena on harmonisoida hankkeen lähtöaineisto mallipohjaista suunnittelua tukevaan muotoon, ja se seuraa hanketta koko sen elinkaaren läpi päivittyen kussakin vaiheessa syntyneiden uusien lähtötietojen osalta (kuva 3). Lähtötietomalli on siis kokoelma erilaisia aineistoja, mutta sen lisäksi tapa koota, muokata ja hallita koko lähtöaineistoa. (bSF 2015d.)



Kuva 3. Lähtötietomalli hankkeen elinkaaren osana (bSF 2015d).

Lähtötietomalli laaditaan noudattaen Yleiset inframallivaatimukset osa 3, Lähtötiedot -ohjetta. Mallia varten hankitaan kaikki oleellinen nykytilaa kuvaava aineisto ja viiteaineisto, jotka muodostavat niin sanotun raaka-aineen. Raaka-aine tulee tarkastaa ja muokata mallipohjaista suunnittelua tukevaan muotoon. Tär-

keää on varmistaa muun muassa lähtötietojen riittävyys, tarkkuustaso, ajantasaisuus ja luotettavuus kunkin suunnitteluvaiheen edellyttämällä tasolla. Raaka-aineesta muodostetaan harmonisoitu lähtötieto, joka sisältää nykytilamallin ja viiteaineiston. Lähtötietomallin rakenne on esitetty kuvassa 4. Siihen ei kuulu edellisissä vaiheissa suunniteltua aineistoa, vaan suunnitelmatieto toimii lähtöaineistona suunnitelmamallille.



Kuva 4. Lähtötietomallin rakenne (bSF 2015d).

Nykytilaa kuvaavat lähtötiedot voidaan jakaa fyysisiin, paikkatietoon sidottuihin sekä viitteellisiin lähtötietoihin. Fyysiset kolmiulotteiset lähtötiedot kuvaavat esimerkiksi maaston pinnan korkeuksia, maaperän geologiaa sekä suunnittelualueella olevia rakenteita ja varusteita. Paikkatietoon sidotut lähtötiedot ovat

kaksiulotteisia temaattisia lähtötietoja ja sisältävät muun muassa maanomistus- ja kaavarajoja sekä tietoja suojelualueista ja ympäristökohteista sekä pellon ja metsien reunoista. Viitteelliset lähtöaineistot ovat suunnitteluun vaikuttavia paikkaan sitomattomia lähtötietoja, esimerkiksi aiempien suunnitteluvaiheiden lausuntoja ja päätöksiä. (bSF 2015d.)

Laadukasta ja ajantasaista lähtöaineistoa pidetään edellytyksenä hyvälle suunnitelmalle. Tarkan ja laadukkaan sisällön lisäksi erittäin tärkeää on myös lähtöaineiston dokumentointi. Lähtötietomalli dokumentoidaan lähtöaineistoluetteloon ja tietomalliselostukseen, jotka ovat kaksi toisiaan täydentävää dokumenttia. Lähtöaineistoluettelo on yksityiskohtainen luettelo lähtötietomallin aineistoista, mihin dokumentoidaan lähtöaineiston alkuperä- ja metatiedot sekä aineistolle tehtävät muokkaustoimenpiteet. Tietomalliselostus taas on yleisluontoisempi dokumentaatio lähtötietomallin tilasta ja sisällöstä. Selostuksessa kuvataan muun muassa mitä on tehty, millä tavalla ja mitä huomioita tai riskejä aineistoihin liittyy. (bSF 2015d.)

## 2.5 Suunnitelmamalli

Suunnitelmamalli on infrarakenteen tai -järjestelmän suunnitteluratkaisut sisältävä malli. Suunnitelmamallin, samoin kuin lähtötietomallin, tarkkuus kasvaa ja sisältö päivittyy suunnittelun edetessä sekä siirryttäessä suunnitelmavaiheesta seuraavaan. Sen ei siis tarvitse olla kaikilta osin viimeistelty, vaan sen tulee täyttää sen käyttötarkoitukselle asetetut vaatimukset. Suunnitelmamallit jaotellaan tekniikkalajikohtaisesti osamalleiksi, ja eri tekniikkalajien mallit toimivat suunnitteluprosessissa toistensa lähtötietoina. Etenkin väylämalli toimii usein pohjana muiden tekniikkalajien suunnittelulle ja mallintamiselle (kuva 5). Mallintamisen avulla esimerkiksi väylämallista voidaan tuottaa lähtötiedot siltasuunnittelulle mallipohjaisena, jolloin 2D-piirustuksia ei tarvitse laatia siinä laajuudessa kuin aiemmin siltapaikka-asiakirjoihin on jouduttu tekemään. Luonnospiirustusten sijaan suunnitelmamallia voidaan käyttää hyväksi myös muuan muassa tilaajan ja suunnittelijoiden välisissä kokouksissa havainnollistamaan erilaisia

suunnitelmaratkaisuja jne. Mallien laadinnassa noudatetaan soveltuvin osin YIV 2015 -ohjeita sekä taitorakenteiden osalta Liikenneviraston Siltojen tietomalliohjetta (6/2014) ja Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohjetta (21/2014, 13.6.2014).



Kuva 5. Väylämalli ohjaa muiden tekniikkalajien suunnittelua ja mallinnusta.

Suunnitelmamallia käytetään seuraavan hankevaiheen lähtötietoina yhdessä lähtötietomallin kanssa. Suunnitelmamallin sisältö (geometriat, taiteviivat, pinnat yms.) on käytännössä samassa muodossa kuin toteutusmallilta edellytetään, mutta tarkkuustaso ja laajuus riippuvat suunnitteluvaiheesta. Suunnitelmamallit voidaankin tarpeen mukaan nimetä suunnitteluvaiheiden mukaan yleissuunnitelmamalliksi, tiesuunnitelmamalliksi ja rakennussuunnitelmamalliksi. Käytännössä suunnitelmamallien ratkaisut stabilisoituvat vasta toteutusmallin laadintavaiheessa, jolloin hankkeen suunnitelmaratkaisut ja mallinnus on tehty siinä laajuudessa ja tarkkuudessa, että hanke on niiden pohjalta valmis toteutettavaksi.

Tietomalliselostus laaditaan lähtötietomallin lisäksi myös suunnitelmamallille. Suunnitelmamallin osalta selostuksesta tulee käydä ilmi muun muassa mallin käyttötarkoitus, siihen sisältyvien tekniikkalajien mallit ja niiden sisältö, käytetyt ohjelmiston ja versiot sekä mahdolliset puutteet ja keskeneräisyydet suhteessa kyseisen vaiheen vaatimuksiin. (bSF 2015c.)

## 2.6 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli on tekninen malli, joka koostuu lähtötietomallista ja eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista. Sen tarkoituksen on varmistaa eri tekniikkalajien ja hankeosien yhteensopivuus sekä suunnitelmaratkaisujen toteutettavuus. Yhdistelemällä eri tekniikkalajien mallit sovituin määraajoin voidaan havaita suunnitelmien ristiriitaisuudet mahdollisimman aikaisin. Tämä on selkeä parannus 2D-suunnitteluun verrattuna, jolloin suunnitelmien ristiriitaisuus on hankalampaa huomata ennen toteutusta. (bSF 2015b.)

Käyttötarkoituksesta riippuen yhdistelmämallilla voidaan tarkoittaa erillisessä katseluohjelmassa olevaa mallia, joka kokoaa kaikki tekniikkalajit yhteen tietokantaan. Tällöin yhdistelmämalli on puhtaasti yhden ajanhetken malli, jossa ei tapahdu muutoksia. Yhdistelmämallilla voidaan tarkoittaa myös suunnittelujärjestelmää, jossa eri tekniikka-alojen mallit sijaitsevat samassa tietokannassa (esimerkiksi väylä, kuivatus ja geotekniikka). Tällöin suunnittelun aikana tapahtuvat muutokset, esimerkiksi tasauksessa tai vaakageometrioissa, valaisinpylväiden uudelleensijoittelu jne. pystytään havaitsemaan reaaliajassa. (bSF 2015b.) Kaikkia tekniikkalajeja (kuten taitorakenteet) ei kuitenkaan pystytä suunnittelemaan samalla suunnittelujärjestelmällä. Näiden tekniikkalajien suunnitelmat voidaan yleensä kuitenkin tuoda toiseen järjestelmään, jolloin suunnittelujärjestelmä toimii katselumallin tavoin yhden tietokannan periaatteella, joka yhdistää kaikki tekniikkalajit yhteen malliin. Yhden tietokannan periaatetta käytettäessä asioiden esittely suoraan suunnittelujärjestelmästä on myös hyvä työkalu suunnittelun aikaisessa vuoropuhelussa eri osapuolien välillä.

Yhdistelmämallista voidaan tehdä lisäksi esittelymalli, joka kuvaa infrahankkeen kohteet visuaalisesti mahdollisimman todenmukaisina. Esittelymallia käytetään hyväksi suunnitelmien hyväksyttävyyden varmistamisen tukena ja havainnollistamaan suunnitelmaratkaisuja vuorovaikutustilaisuuksissa sidosryhmien ja asukkaiden kanssa. (bSF 2015b.)

### 3 MALLINNUSOHJEET JA TIEDONSIIRTOFORMAATIT

#### 3.1 Yleiset inframallivaatimukset 2015

Yleiset inframallivaatimukset (YIV 2015) julkaistiin toukokuussa 2015 ja niitä hallinnoi Rakennustietosäätiön alaisuudessa toimiva buildingSMART Finland Infra-toimialaryhmä. Mallinnusohjeiden tarkoitus on ohjata, yhdenmukaistaa ja kehittää infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Ohjeissa esitetään mallinnuksen ja mallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset ja niitä on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa infranhankkeissa. (bSF 2015c.) YIV 2015 -ohjeita käytetään hankintojen yleisinä teknisinä viiteasiakirjoina ja inframallintamisen ohjeina. Tapauskohtaisesti on mahdollista sopia mallintamisen yksityiskohdista ja lisävaatimuksista. Sekä mallinnusvaatimukset että inframallin sisältö tulee esittää kaikissa sopimuksissa sitovasti ja yhdenmukaisesti. (bSF 2015a.) Yleiset inframallivaatimukset -ohjekokonaisuus kattaa lähtötiedot, suunnittelun eri vaiheet, rakentamisen, rakennetun todentamisen sekä käytön ja ylläpidon.

Yleiset inframallivaatimukset 2015 koostuvat seuraavista osista:

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit
  - 5.1. Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys- ja pintarakenteet
  - 5.2. Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmallin) laadintaohje
  - 5.3. Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje
6. Rakennemallit
  - 6.1. Järjestelmät
7. Rakennemallit
  - 7.1. Rakennetekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus



9. Määrälaskenta, kustannusarviot

10. Havainnollistaminen

11. Infran hallinta

11.1. Tieverkon kunnossapidon mallivaatimukset

12. Inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa ja infran rakentamisessa

12.1. Tie- ja ratarakentamisen mallipohjainen laadunvalvontamenetelmä.

Osat 5–6 käsittelevät rakennussuunnitelmavaihetta, mutta niiden periaatteita noudatetaan myös aiemmissa suunnitteluvaiheissa. Sarjan osat 1–7 on julkaistu toukokuussa 2015 ja osat 8–12 ovat luonnosvaiheessa. (Liikennevirasto 2015b.)

Valmisteluvaiheessa mallinnusohjeita on testattu käytännössä useiden eri hankkeiden suunnittelu- ja toteutusvaiheissa ja hankkeissa mukana olleet henkilöt ovat olleet mukana ohjeiden kirjoittamisessa. Ohjeiden perustana ovat tämän hetken parhaat käytännöt, ja niitä tullaan päivittämään ja täydentämään saatujen palautteiden perusteella. BuildingSMART Finland -toimialaryhmän mukaan ohjeet ovatkin jatkuvassa päivitysprosessissa ja ohjeiden kehitystarvetta tulee lisäämään myös mallintamisen kansainvälinen standardointityö. (bSF 2015a.)

### 3.2 InfraBIM-nimikkeistö

Mallinnuksen perusvaatimuksena on, että inframalli ja sen lopputuotteet perustuvat Infra-nimikkeistöjärjestelmään. Inframallintamista tukemaan laadittu InfraBIM-nimikkeistö pohjautuu ja laajentaa jo olemassa olevaa INFRA 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistöä. INFRA 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö on hankkeen osittelua varten tehty numerointi- ja nimeämisstandardi, jota eri osapuolet käyttävät hankkeen eri vaiheissa tapahtuvassa tiedonvälityksessä. Yhteisen nimikkeistön suurin hyöty liittyy hankkeen eri osapuolten väliseen tiedonvaihdon paranemiseen, kun hanke on mallinnettavissa yhteisiä ja samoin tulkittavia jaotteluja käyttäen. (Rakennustietosäätiö RTS 2008, 3–5.)

InfraBIM-nimikkeistön tavoitteena on saada infrarakenteita ja -malleja tukeva yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö, joka palvelee hankkeen elinkaarta sen kaikissa vaiheissa: lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, toteuman mittauksessa ja ylläpidossa. Ohjeesta on ollut käytössä luonnosversio 1.5 (5.3.2012). Ohjeen kyseisessä versiossa on esitetty väylärakenteiden (tie, katu, rata, vesiväylä) numerointi- ja nimeämiskäytännöt ja se keskittyy väylärakenteiden rajapintojen kuvaamiseen. Rakenteiden rajapintojen ja työnaikaisten rakenteiden mallintamisen nimeämis- ja numerointikäytännöt liitetään julkaisun seuraaviin versioihin. Vesihuollon järjestelmien osalta ohjeessa on lueteltu käytettävät rakennusosat ja ehdotetut attribuutit. (InfraBIM 2015a.) Versio 1.6 julkaistiin kommenteille lokakuussa 2015. Version uusia osakokonaisuuksia ovat katurakenteet ja vesiväylät, geometrialinjat, maastomallin ja maaperämallin pinnat. Versiossa on otettu huomioon infra-rakennusosanimikkeistön 2015 päivitys. Siinä on myös luettelo kaikista InfraBIM-koodeista. (InfraBIM 2015b.)

### 3.3 Liikenneviraston julkaisut

Liikennevirasto täsmentää ja kehittää mallinnukseen liittyvää ohjeistustaan yhteistyössä muiden infratoimijoiden kanssa. Tällä hetkellä mallinnustyössä noudatettavia ohjeita ovat Siltojen tietomalliohje (6/2014), Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta -ohje (koekäytössä 20k/2014) ja Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje (21/2014, 13.6.2014). Radan suunnittelun mallipohjainen hankinta on luonnosvaiheessa oleva Liikenneviraston ohje.

Yleisinä ohjeina Liikenneviraston hankkeissa noudatetaan Inframodel 3 -käyttöohjetta ja InfraBIM-nimikkeistöä. Yleiset inframallivaatimukset -sarjasta (julkaistu 5.5.2015) noudatetaan osia 1–7. YIV-sarjan loput julkaisut (osat 8–12) ovat luonnoksia pilotointia varten ja niiden periaatteita voidaan noudattaa mallinnustyössä. Liikenneviraston on myös mukana YIV-ohjeiden kehitystyössä. (Liikennevirasto 2015b.)

Siltojen tietomalliohje sisältää ohjeita yhtenäisistä toimintatavoista suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpitovaiheessa. Siltojen tietomalliohjeen tarkoitus on

määritellä Liikenneviraston hankkeissa käytettävien siltojen tietomallien sisältöä, rakennetta ja tiedon jäsentelyä. Ohjeessa määritellään mallipohjainen suunnittelun pelisäännöt, jolloin mahdollistetaan toimijoiden yhdenvertaisuus mallipohjaisissa hankkeissa. Ohje on tarkoitettu käytettäväksi kaikissa urakkamuodoissa. (Liikennevirasto 2014b.)

Tiehankeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta -ohje on tarkoitettu tilaajille suunnittelun hankintaa varten. Ohjeessa kuvataan hankinnan kannalta keskeisimmät asiat; noudatettavat ohjeet, eri rakennusosien mallinnusvaatimukset sekä luovutettavaa aineistoa koskevat vaatimukset. (Liikennevirasto 2014a.)

Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto -ohjetta käytetään Liikenneviraston ja valtion avustamien yksityistiesiltojen suunnittelun lähtötietojen sisällön vaatimusten määrittämiseen. Ohjeen avulla voidaan tuottaa taitorakenteiden mallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvaa lähtötietoaineistoa. Ohjeessa on kerrottu eri suunnitteluvaiheissa tarvittavat lähtötiedot ja annettu ohjeet ja vaatimukset lähtötietojen sisällöstä ja talletusmuodoista. (Liikennevirasto 2014c.)

### 3.4 Kaupunkien ja kuntien julkaisut

Helsingin kaupungin rakennusvirastolla on kaksi tietomallinnukseen liittyvää ohjetta: Kadunsuunnittelun inframalliohje (1.9.2014) ja Taitorakenteiden tietomallinnusohje (1.8.2014). Kadunsuunnittelun inframalliohjeessa esitetään katusuunnitelman ja kadun rakennussuunnitelmien sisällön mallinnusvaatimukset. Ohje täydentää rakennusviraston nykyisiä ohjeita. Taitorakenteiden tietomallinnusohje toimii ohjeistuksena taitorakenteiden mallipohjaisen suunnittelun sisällön, laajuuden ja rakenteen määrittelyssä. Sekä kadun että taitorakenteiden suunnittelussa tulee edelleen toimittaa perinteinen suunnitteluaineisto. (Helsingin kaupungin rakennusvirasto 2014a; 2014b.)

Oulun kaupungilla on käynnissä pilottihanke, jonka pohjalta tehdään inframallinnukseen liittyvä ohje. Ohjeen työnimenä tällä hetkellä on ”Inframalliohjeet, suunnittelu (valmistuu syksyllä 2015)” (Planting, O. henkilökohtainen tiedonanto 12.8.2015). Kaupungin ohje tehdään Yleisten inframallivaatimusten pohjalta.

Kaupunki suunnittelee ja rakentaa kaikki infrahankkeet nykyisin tietomallien ja koneautomaation avulla. (bSF 2015a.)

Tampereen kaupungilla ei ole omaa inframallintamiseen liittyvää ohjetta, mutta se käyttää inframallintamista hyödyksi infratiedon hallinnassa. Tampereen kaupunki on muun muassa kokoamassa kaupunkimallia, jonka tarkoituksena on kattaa koko kantakaupungin maanpäälliset ja maanalaiset rakenteet sekä muita ominaisuustietoja kolmiulotteisessa mallissa. Se sisältää suunnittelijoita palvelevaa tietoa mm. maanpinnan muodoista tai kasvillisuudesta ja havainnollistaa uusia hankkeita kansalaisille. Tampereen tietohallintokoordinaattorin mukaan palvelimen käyttö vähentää huomattavasti turhaa työtä, koska suunnitteluaineistoja ei tarvitse enää koota eri tiedostoihin tai polttaa cd-levyille ja hankkeen suunnitelmien etenemistä on mahdollista tutkia reaaliaikaisesti selaimen kautta. (InfraBIM 2015a.)

Muilla kaupungeilla tai kunnilla ei tiettävästi ole omaa tietomallintamiseen liittyvää ohjeistusta.

### 3.5 Tiedonsiirtoformaattit

Mallinnuksen perusvaatimuksena on, että eri ohjelmat pystyvät hyödyntämään ja tuottamaan infra- ja tietomallin avoimessa mallipohjaisessa formaatissa. Avoimien tiedonsiirtoformaattien avulla mallit voidaan siirtää ohjelmistoriippumattomasti järjestelmästä toiseen, niin ettei mitään oleellista tietoa katoa. Avoimet formaatit siis parantavat tiedon monikäyttöisyyttä ja säilymistä sekä tehostavat suunnittelutyötä ja antavat yksityiskohtaista tietoa kohteiden sisällöstä ja ominaisuuksista. (bSF 2015c.)

Infra-alalla käytettävissä suunnitteluohjelmissa sisäiset inframallit eroavat peruseräiteiltään toisistaan ja erot ovat tekniikkalajikohtaisia. Esimerkiksi väylän mallintaminen perustuu pintojen sitomiseen pitkiin geometriaketjuihin (linjaus ja tasaus) ja suunnittelu toteutetaan globaalissa metreihin perustuvassa koordinaattijärjestelmässä. Taitorakenteiden mallintaminen taas käsittää suhteellisten pienien tilavuuskappaleiden, kuten sillan anturoiden, pilarien ja palkki-

en määrittämisen, joissa käytetään millimetreissä olevaa paikalliskoordinaatistoa. (Horn 2013.) Tämä tarkoittaa sitä, että eri kohteiden mallintaminen ei onnistu yhden ja saman formaatin tietosisältömäärittelyn mukaan, vaan kohteiden mallintamisessa ja tiedonsiirrossa on käytettävä eri formaatteja. Suomessa avoimina tiedonsiirtoformaatteina käytetään infrarakenteiden (rakenteet, väylät, verkostot) osalta Inframodelia ja taitorakenteissa (esimerkiksi sillat) IFC:tä.

## Inframodel

Inframodel (IM) on Suomessa infrasuunnittelua varten kehitetty tiedonsiirtomenetelmä, joka perustuu kansainväliseen LandXML-standardiin. LandXML on ns. dokumentoiva merkintäkieli, jossa tiedon merkitys on kuvattavissa tiedon sekaan. Inframodelista on julkaistu kolme versiota, joista viimeisin (Inframodel3) otettiin yleiseen käyttöön vuonna 2014 ja muun muassa Liikennevirasto on edellyttänyt sen käyttöä 1.5.2014 jälkeen käynnistyneissä hankkeissa. (InfraBIM 2014a.) Taulukossa 1 on esitetty, mitä tietokokonaisuuksia Inframodel3-formaatti sisältää väyläsuunnitteluun liittyen.

Taulukko 1. Inframodel3:n sisältöä väyläsuunnitteluun liittyen.

Kokonaisuus	Mitä
Suunnitelman yleistiedot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projekti</li> <li>• Suunnitelma</li> <li>• Ohjelmisto</li> <li>• Yksiköt</li> <li>• Koordinaattijärjestelmät</li> </ul>
Perusaineisto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maastomallin ja maaperämallin pinnat</li> <li>• Pisteet ja viivat sekä näiden lajikoodaus</li> <li>• Kolmiopinnat</li> </ul>
Liikenneväylät	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrialinjat</li> <li>• Rakenne taiteviivoina pinnoittain ryhmiteltyinä sekä kolmiopintoina</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitoitusparametritietoa informaationa</li> </ul>
Vesihuoltoverkostot	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaivot (laitteet)</li> <li>• Putket</li> <li>• Ominaisuudet</li> <li>• Rummut</li> </ul>
Aluesuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintamaiset rakenteet</li> <li>• Maisemoinnit, läjitykset</li> </ul>
Pohjanvahvistus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintamaiset rakenteet</li> <li>• Vastapenger, ylipenger, massanvaihto</li> </ul>
Varusteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaiteet, aidat, jalustat (valaisinpylväät, liikennemerkkit)</li> </ul>
InfraBIM-nimikkeistö Rakennusosanimikkeistö	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaikki pinnat, viivat ja muut kohteet</li> </ul>

Inframodel3 ei sisällä muun muassa kaikkia pohjanvahvistustoimenpiteitä, varusteiden ominaisuustietoja (poislukien vesihuolto ja kuivatus), liikenteen ohjaukseen liittyviä rakenteita, määrälaskentatietoja, materiaalitietoja tai maalajikerrosten ominaisuustietoja eikä revisiointia tiedoston sisällä. Inframodel-formaatin tietosisältöä tullaankin laajentamaan ja päivittämään sen seuraavissa versioissa, Inframodel 3.1 ja Inframodel 4. (PRE InfraFINBIM 2013.)

## IFC

IFC (*Industry Foundation Classes*) on avoin ISO-standardoitu XML-pohjainen tiedostomuoto, joka mahdollistaa rakennusosapohjaisen tiedon siirron, jakamisen ja kuvaamisen CAD-ohjelmien välillä. Tiedostomuotoa kehittää ja ylläpitää kansainvälinen BuildingSMART-järjestö. (MAD 2013.) Tällä hetkellä yleisessä käytössä on versio IFC2x3, formaatista on kuitenkin julkaistu myös seuraava versio IFC4. (bSF 2015h.) IFC-formaatti on ensisijaisesti talonrakennusalan tietomallintamiseen kehitetty tiedonsiirtoformaatti, mutta infra-alalla sitä voidaan käyttää taitorakenteiden suunnittelussa. Esimerkiksi sillan rakennussuunnitel-

malli tietosisältöineen voidaan esittää IFC:n avulla riittävällä tarkkuudella, vaikka IFC ei sisälläkään erityisiä siltamäärittelyjä (Karjalainen 2013.)

BuildingSMART on tällä hetkellä laajentamassa IFC-formaatin käyttöä myös väyläsuunnitteluun (IFC for Infrastructure). Ensimmäinen laajennus IFC Alignment 1.0, joka sisältää linja- ja viivageometrioiden määrittelyt, on hyväksytty bS:n viralliseksi standardiksi heinäkuussa 2015. Kehitteillä olevia laajennuksia ovat IFC Bridge ja IFC Roads and Rail, jotka linkittyvät IFC Alignment -määrittelyyn. Omia kansallisia määrittelyjä IFC Roadsista on tehty Koreassa, IFC Railwaysta Kiinassa ja IFC Bridgestä Ranskassa. Arvioiden mukaan viralliset bS:n IFC Road, Railway, Bridge -standardit voidaan julkaista aikaisintaan muutaman vuoden kuluttua. (bS 2015; InfraBIM 2015c.)

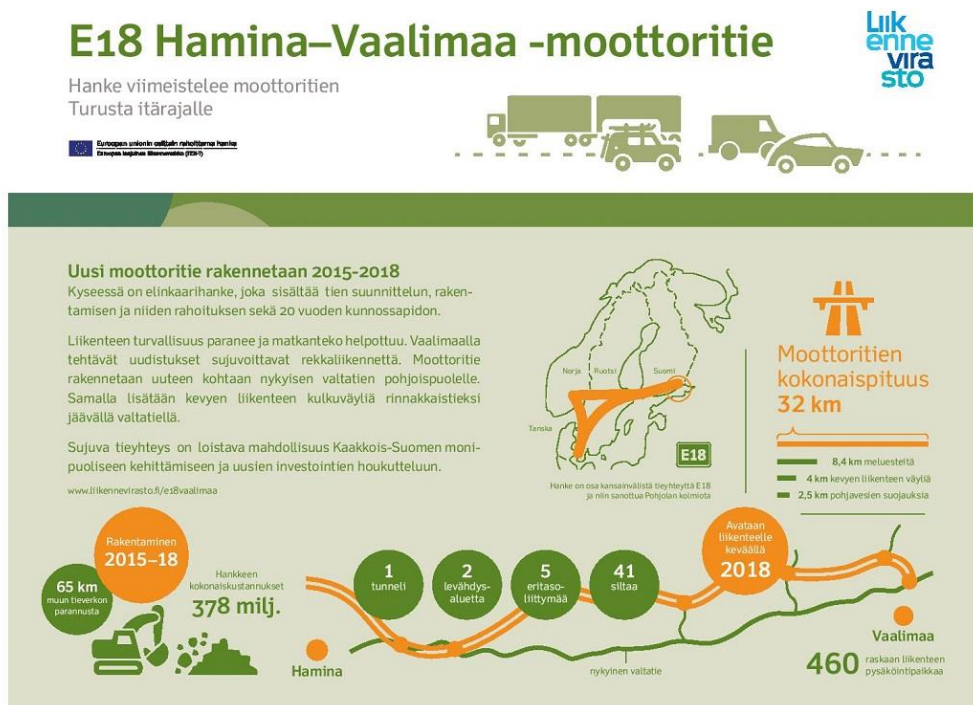
### **Muut formaatit**

Avoimet tiedonsiirtoformaatit eivät tällä hetkellä kuitenkaan kata kaikkea, joten suunnittelussa on käytettävä avoimien formaattien lisäksi muita yleisiä formaatteja (esim. dwg tai pohjatutkimusten siirtämisessä käytössä oleva kansallinen Infra-pohjatutkimusformaatti) tai ohjelmistojen omia natiiviformaatteja (bSF 2015c). Ohjelmistojen natiiviformaatit antavat paljon enemmän mahdollisuuksia tiedonsiirrolle avoimeen tiedonsiirtoon verrattuna, mutta mallin lukeminen ja muokkaaminen vaatii aina mallintamiseen käytetyn ohjelmiston. Alkuperäisformaattia käyttämällä säästytäisiin formaattimuutosten aiheuttamista ongelmista. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista julkisen sektorin tilaajalle, koska toimitaan alueella, jossa käytetään monia eri ohjelmistoja. Toisaalta alkuperäisformaatit, kuten dwg, voivat kuitenkin rajoittaa kohteiden ominaisuustietojen älykästä tiedonsiirtoa. Yleisten inframallivaatimusten mukaan malli tulisi luovuttaa sekä avoimessa että natiiviformaatissaan, jotta voitaisiin varmistua suunnitelmätiedon säilymisestä.

## 4 LIIKENNEVIRASTON PILOTTIHANKE: E18 HAMINA–VAALIMAA

### 4.1 Hankkeen esittely

E18 Hamina–Vaalimaa -moottoritie on osa kansainvälistä tieyhteyttä E18 ja niin sanottua Pohjolan kolmiota. Hamina–Vaalimaa-tieosuus on viimeinen rakennettava osa E18-moottoritietä Turusta Suomen halki itärajan Vaalimaalle. Hanke käsittää 32 kilometriä uutta moottoritietä nykyisen valtatie 7:n pohjoispuolelle ja siihen liittyviä muita tiejärjestelyjä (kuva 6). Hanke toteutetaan elinkaarimallilla (PPP, Public Private Partnership), joka sisältää tien suunnittelun, rakentamisen ja niiden rahoituksen sekä 20 vuoden kunnossapidon. Hankkeen palveluntuottajana on Tieyhtiö Vaalimaa Oy ja pääurakoitsijana YIT Rakennus Oy. Palvelusopimuksen kokonaisarvo on 378 miljoonaa euroa. (Liikennevirasto 2015b.)



Kuva 6. E18 Hamina–Vaalimaa -moottoritiehanke (Liikennevirasto 2015b).



Hankkeen yleissuunnitelma valmistui vuonna 2009 ja hyväksyttiin Liikenneviraston päätöksellä tammikuussa 2013. Tiesuunnitelma valmistui vuoden 2013 lopussa, jonka jälkeen eduskunta päätti hankkeen toteuttamisesta. Toteuttamispäätöksen jälkeen Liikennevirasto käynnisti hankkeen valmistelut ja palvelusopimuksen kilpailutusprosessin, jota varten teetettiin tiesuunnitelman täydennys (TTS) Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen toimesta. (ELY 2015.) Moottoritiehankkeen palvelusopimuksen tarjouskilpailuun osallistui kolme konsortiota. Tarjouskilpailun jälkeen maaliskuussa 2015 tehtiin hankintapäätös, jolloin palvelusopimuksen toteuttajaksi valittiin Meridiam Infrastrukturen ja YIT Rakennus Oy:n muodosta työyhteenliittymä *Tieyhtiö Vaalimaa Oy*. Palvelusopimus allekirjoitettiin kesäkuussa 2015. Rakentamistyöt aloitettiin kesällä 2015 ja tien arvioidaan valmistuvan kokonaisuudessaan liikenteelle keväällä 2018. (Liikennevirasto 2015c.)

#### 4.2 Inframallintaminen hankkeessa

E18 Hamina–Vaalimaa -tiehanke oli Liikenneviraston ensimmäinen hanke tiesuunnitelman ja tiesuunnitelman täydennyssuunnitelman mallintamisessa (Liikennevirasto 2015d). Mallinnustyö alkoi kesällä 2012 yhtäaikaaisesti tiesuunnitelman laatimisen kanssa. Tiesuunnitelmassa ja tiesuunnitelman täydennysvaiheessa inframallinnuksen tavoitteita olivat:

- lähtötietojen luotettavuus ja hallinta
- jälleenkäyttöarvo
- rakenteiden ja rakennusosien perusratkaisujen varmistaminen
- informatiivisuus
- vuorovaikutus ja yhteistyö
- mallipohjaisen tiedonsiirron kehittäminen. (Liikennevirasto 2013; Liikennevirasto 2014d.)

TS ja TTS -vaiheissa suunnittelu pyrittiin toteuttamaan mallipohjaisilla työkaluilla ja aineisto kirjoittamaan avoimeen formaattiin, jolloin edellytykset aineiston hyödyntämiseen jatkosuunnittelussa paranisivat.

Tiesuunnitelmavaiheessa lähtötiedot hankittiin ja analysoitiin tiesuunnitelman toimintaohjeiden mukaisesti ja lähtötietojen käsittelyssä ja lähtötietomallin laatimisessa noudatettiin InfraBIM-ohjeluonnoksia. Lähtötietomallista luotiin myös paikkatietoon sidottu tietokanta. Tämä niin kutsuttu lähtötietokone oli selainpohjainen karttasovellus lähtötietojen ja metatietojen katseluun ja lataamiseen. (Liikennevirasto 2013.)

Tiesuunnitelma- ja tiesuunnitelman täydennysvaiheen suunnittelu toteutettiin kahden eri suunnittelukonsultin toimesta. Hankkeen mallipohjainen suunnittelu tehtiin sovittujen tekniikkalajien ja rakennusosien osalta. Eri tekniikkalajien suunnitelmamallien sisältö ja tarkkuus on kerrottu TS- ja TTS-vaiheiden tietomalliselostuksissa. Suunnitelmamallien jaottelu noudattaa Tien rakennussuunnitelman sisältö ja esitystapa -ohjeen mukaista tekniikkalajikohtaista jaottelua:

- Väylät ja liittymät
- Geotekniikka
- Vesien hallinta
- Johdot ja laitteet
- Tieympäristö
- Sillat
- Varusteet ja laitteet
- Valaistus
- Kiinteä liikenteenohjaus
- Telematiikka
- Tunnelit
- Hallinnolliset rajat.

Hankkeen mallinnustyöhön kuului lähtötietomallin ja suunnitelmamallien lisäksi yhdistelmämallin koonti ja päivittäminen hankkeen aikana. Yhdistelmämallia hyödynnettiin suunnittelun aikana tuotetun aineiston visuaalisessa tarkistukses-

sa ja hankkeen teknisissä ja eri rakennusosien välisissä yhteensopivuustarkasteluissa. Sitä käytettiin soveltuvin osin myös sidosryhmätyöskentelyssä ja vuoropuhelutapahtumissa hankkeen suunnitteluratkaisujen havainnollistamisessa ja visualisoinnissa. Tiesuunnitelman toimeksiantoon sisältyi lisäksi virtuaalimallin laatiminen, jossa hyödynnettiin mallinnuksessa tuotettua kolmiulotteista aineistoa, kuten siltoja. (Liikennevirasto 2013; Liikennevirasto 2014d.)

Tietomalliaineiston lisäksi tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun lähtöaineistona toimi tiesuunnitelman ja tiesuunnitelman täydennysosan perinteinen digitaalinen aineisto eli alkuperäisessä formaatissa olevat asiakirjat ja piirustukset (esim. dwg-kuvat ja Excel-tiedostot).

Liikennevirasto kannusti palveluntuottajia tietomallinnuksen käyttöön palvelusopimuksen tarjousvaiheessa. Palveluntuottajilta toivottiin suunnitelmaa siitä, miten he tarjouskilpailun voittaessaan aikoisivat tietomallia käyttää. (Liikennevirasto 2015d.) Tietomallisuunnitelmassa tuli esittää muun muassa tilaajalle tuotettava lisäarvon määrä ja merkittävyys, tietomallin soveltamisen laajuus ja uudet hyödyntämistavat sekä vaikuttavuus tuottavuuden parantamiseen ja hukan minimointiin. Mallinnuksen painoarvo koko hankkeen tarjousten arvostelusta oli 0,5 %, kun hinnan osuus oli 90 % ja laatu 10 %. (V. Suntio, henkilökohtainen tiedonanto 20.8.2015.)

## 5 TARJOUSVAIHEEN DIGITAALINEN LÄHTÖAINEISTO

### 5.1 Yleistä

E18 Hamina–Vaalimaan -hankkeen palvelusopimuksen tarjousvaiheen digitaalisen lähtöaineiston laatua tutkittiin mallinnetun aineiston pohjalta haastattelella hankkeen tarjousvaiheeseen osallistuneita konsortioita. Haastattelu toteutettiin rakennussuunnitelman laatimiseen tähtäävän tarjousvaiheen suunnittelun näkökulmasta, mutta haastattelulla pyrittiin saamaan myös kokonaisvaltaisempi näkemys digitaalisen aineiston hyödyntämisestä koko tarjousvaiheen näkökulmasta. Eli hyödynnettiinkö digitaalista aineistoa esimerkiksi toteutusvaiheen tai ylläpitojakson suunnittelussa tai tarjouslaskennassa.

Haastattelu toteutettiin haastattelulomakkeella (Liite 1), joka oli jaettu eri kokonaisuuksiin käsiteltävien aihepiirien mukaan. Haastattelulomakkeen lisäksi tiettyjä vastauksia tarkennettiin myöhemmin sähköpostitse. Pääteemoina olivat lähtötietomallin ja suunnitelmamallin sisältö. Näiden lisäksi haastattelussa käsiteltiin lähtötietokonetta ja yhdistelmämallia sekä kokonaisvaltaista näkökulmaa inframallintamisesta ja tarjousvaiheesta.

Haastatteluun osallistui jokainen Hamina–Vaalimaan -hankkeen tarjousvaiheessa mukana olleesta kolmesta konsortioista, jotka muodostuivat useammasta yrityksestä. Vastauksia saatiin sekä kootusti konsortioittain että erikseen konsortioiden eri osapuolilta (mm. suunnittelijoilta ja toteuttajaosapuolilta). Vastausten laajuus poikkesi melko paljon toisistaan. Osa haastateltavista vastasi vain avoimiin kysymyksiin ja jotkut vastaajista antoivat hyvin yksityiskohtaista palautetta lähtöaineiston sisällöstä ja laadusta. Vastauksista oli myös havaittavissa eri palveluntuottajaosapuolten käyttötarkoitus mallinnetulle aineistolle. Kattavimmat vastaukset saatiin kahden konsortion suunnittelijaosapuolilta. Joidenkin osapuolien vastauksia ei saatu.

## 5.2 Lähtötietomalli

Lähtötietomallin laatua selvitettiin sekä monivalinta- että avoimilla kysymyksillä. Monivalinnassa selvitettiin neljän eri määrittelyn (nimeäminen, dokumentaatio, sisältö ja formaatti) avulla lähtötietomallin eri aineistokokonaisuuksien laatua. Haastattelulomakkeessa lähtötietomallin aineistokokonaisuudet oli jaoteltu lähtöaineistoluettelon mukaisesti maastomalliaineistoon, maaperämalliaineistoon, rakenteisiin ja järjestelmiin, kartta- ja paikkatietoaineistoon sekä viiteaineistoon. Avoimilla kysymyksillä kartoitettiin yleisesti lähtötietomallin hyviä ja huonoja puolia sekä mahdollisia parannusehdotuksia. Vastaajia pyydettiin myös erikseen listamaan mallin viisi pahinta puutetta sekä yleisesti mallipohjaiseen suunnitteluun kannalta viisi tärkeintä lähtötietomallin aineistoa tai aineistokokonaisuutta.

Kaikki vastaajat pitivät tärkeimpinä aineistokokonaisuuksina maastomalli- ja maaperämalliaineistoa. Maastomalliaineistosta erikseen korostettiin, sitä että maanpintamallin pitäisi sisältää kolmioverkon lisäksi sekä taiteviivat että pisteet, jotta aineiston hyödyntäminen olisi mahdollista tai sillä olisi ylipäänsä käyttöä jatkosuunnittelun näkökulmasta. Maaperämalliaineistosta tärkeimmiksi eriteltiin pohjatutkimukset, maaperäkerrosten rajat sekä tulkitut kalliopinnat. Osa vastaajista mainitsi tärkeiksi aineistoiksi myös lähtöaineistoluettelon, kartta-aineiston ja rakenteet.

Kolmioverkkoaineistona paljon tietoa, joka tarvitaan kuitenkin pisteinä ja viivoina, jotta aineiston jatkomuokkaus ja hyödyntäminen on helpompaa. (Haastattelu.)

Negatiivista palautetta hankkeen maanpintamallista tuli siitä, että aluksi tarjousvaiheessa luovutettu maanpintamalli sisälsi pelkän kolmioverkon, jota myöhemmin täydennettiin taiteviivojen ja pisteiden osalta. Huonona asiana koettiin myös maastomalliaineistojen päällekkäisyydet. Vastaajat toivoivat, että maastomalliaineisto olisi yksiselitteistä eikä monesta eri tiedostosta joutuisi tarkastamaan maastomalliaineiston eri sisältöjä. Käytännössä jatkosuunnittelun kannalta kätevintä olisi, jos maastomalliaineisto koostuisi, hankkeen koosta riippuen,

yhdestä tiedostosta tai suurista kokonaisuuksista, jolloin kaikilla tarjoajilla olisi samat lähtökohdat tarjouksen laatimiseen maastomallin osalta heti tarjousvaiheen alusta lähtien. Tiedosto tai kokonaisuus sisältäisi sekä maastomallin, jossa perus- ja täydennysmittaukset että maanpintamallin, joka koostuu taiteviivoista ja pisteistä. Tällöin jatkosuunnittelussa, niitä ei tarvitsisi yhdistellä monista eri tiedostoista ja muokata päällekkäisyyksistä johtuvia virheitä, eikä eri tarjoajien tarvitsisi odotella yksiselitteisen aineiston toimittamista lisäkirjeissä. Aiemmassa suunnitteluvaiheessa käytetään kuitenkin ns. kaikilta osin täydennettyä maastomallia, joten miksi luovuttaa useita erillisiä päällekkäisiä tiedostoja, kun malli on jo kertaalleen yhdistetty. Toisaalta on hyvä ja ohjeiden mukaista, että tiedot ovat lähtöaineistoluettelossa eroteltu ja löytyvät erillisinä tiedostoina, mutta voisiko tämä olla esimerkiksi raaka-aineen puolelle tallennettuna.

Negatiivista palautetta tuli myös maaperämalliaineistosta, johon sisältyi mm. maaperä- ja pohjatutkimukset sekä maaperämalli tulkituista kalliopinnoista ja maakerroksista. Paljon ongelmia esiintyi muun muassa pohjatutkimusaineiston sisällössä. Vain murto-osa aineistosta oli lähtöaineistoluettelon mukaisessa formaatissa. Tiedostoissa oli päällekkäisyyksiä sekä niiden koodauksessa oli puutteita ja esim. maalajien tunnukset olivat virheellisiä. Jos vaatimuksena on, että aineisto olisi suoraan, ilman muokkaustoimenpiteitä, ladattavissa jatkosuunnittelussa käytettävään suunnittelujärjestelmään, ei vaatimus näiltä osin täysin toteutunut. Ihmetystä vastaajissa herätti se, että tilaajan suunnitelmassa määräluettelossa oli eritelty maaleikkaukset maaperän ominaisuuksien mukaan koko hankkeen laajuudelta, mutta aineistossa oli mallinnettuna moreenin pinta vain noin 300 metrin matkalta.

Maaperämalli rohkeasti mukaan, vaikka kyseessä on tulkinta. (Haastattelu.)

Rakenteet ja järjestelmät -aineistossa puutteita oli laajasti johto- ja laitetietojen (kunnallistekniikka, sähkö, maakaasu ja tele) tiedostosisällöissä sekä dokumentoinnin ja nimeämisen osalta. Suurimpina ongelmia olivat aineistojen päällekkäisyydet ja useat eri tiedostot, joita joutui yhdistelemään aineiston tarkastami-

seksi. Tiedon selkeyttämiseksi järkevää olisi, jos yhtä laiteomistajaa kohti olisi vain yksi tiedosto, joka sisältäisi kaikki kyseisen osapuolen johtotiedot.

Lähtötietomallin kaksi viimeistä kokonaisuutta, kartta- ja paikkatietoaineisto sekä viite-aineisto, olivat vastaajien mielestä laadultaan hyviä. Parannusehdotuksessa kuitenkin mainittiin, että olisi hyvä, jos jokainen tiedosto/aineisto löytyisi vain yhdestä paikasta, esimerkiksi kartta-aineisto löytyisi vain lähtötietomallin viiteaineistosta, josta se linkittyisi suunnitelmakarttojen taustalle. Tällöin suunnitelmamalliaineistoon ei tarvitsisi lisätä erillisiin kansioihin samoja kartta-aineistoja, jotka löytyvät lähtötietomallista. Tämä myös vähentäisi aineiston tarkastamiseen kuluva aikaa mahdollisten ristiriitojen osalta.

Yleisesti mallin hyvinä puolina pidettiin lähtöaineistoluetteloa ja sen selkeää rakennetta. Osa vastaajista oli sitä mieltä, että aineisto oli hyvin jäsennelty ja se oli helposti löydettävissä. Osa taas päinvastaisesti piti aineistojen nimeämistä ja dokumentointia (esimerkiksi lähtöaineistoluettelon ja kansiorakenne eivät vastanneet täysin toisiaan) ristiriitaisena ja mainitsi, että haluttua tietoa oli vaikea löytää. Myös tiedostojen päällekkäisyys ja formaatteihin liittyvät ongelmat toistuivat lähtötietomallin aineistoissa.

Aineistoa myös osittain pdf-muodossa, vaikka varmasti myös dwg-tiedostot olisi ollut saatavilla. (Haastattelu.)

Parannuksena nykyiseen tapaan ehdotettiin suoraa pääsyä tietokantaan. Tällöin lähtötietomalliaineistoa ei siirrettäisi muistitikulla vaan aineisto olisi tarjoajien ladattavissa yhdestä tietokannasta. Suora pääsy lähtötietomallin tietokantaan poistaisi myös ongelmat liittyen tiedostopolkujen pituuteen, jolloin tiedostojen tallentaminen jollain käyttöjärjestelmällä ei ilman muokkaustoimenpiteitä onnistu.

### 5.3 Lähtötietokone

Innovatiivista avoimuutta ja käytön helppoutta! (Haastattelu.)

Lähtötietokonetta pidettiin kaikkien vastanneiden kesken hyvänä asiana. Vastusten perusteella lähtötietokoneen yhtenä selvimmistä eduista oli se, että kaikki nykytilaa kuvaava aineisto on koottuna yhdessä paikassa, jolloin tiedostot ovat helposti verkon kautta ladattavissa. Verkkopohjainen tiedonjakaminen vähentää ongelmia perinteiseen tiedonsiirtoon verrattuna. Lisäksi sen avulla voidaan varmistua, että tieto on samanaikaisesti jokaisen osapuolen saatavilla. Osa vastaajista mainitsi, että lähtötietokoneen avulla nykytila-aineiston tarkastelu paikkatietoon perustuen helpotti aineistoon tutustumisessa ja vähensi sen tutkimiseen käytettyä aikaa. Lähtötietokonetta voidaankin pitää tärkeänä työkaluna hankkeen lähtötietoihin tutustuessa.

Lähtötietokoneen heikkouksina nähtiin muun muassa tietojen päivittymiseen liittyvät asiat. Kun aineistoa on monessa paikassa (lähtötietokone, lähtötietomalli, lisäkirjeissä toimitettu aineisto ym.), mistä löytyy uusin tieto? Päivittykö uusin tieto myös lähtötietokoneeseen? Parannusehdotuksena esitettiin lähtötietokoneeseen päivämäärämerkintää, josta näkisi mitkä päivitykset ohjelmasta löytyvät. Tällöin käyttäjä voisi varmistua, että palvelusta saa ladattua viimeisintä tietoa.

Aineistojen hakutoiminnot rajauksineen yhdessä vieraan aineiston kanssa oli hankalahko käyttää. (Haastattelu.)

Ongelmia ilmeni sekä käyttöliittymän toimivuudessa (jollain verkkoselaimilla) että käytön helppoudessa. Myös sovelluksen suorituskyky sai vastaajilta negatiivista palautetta. Toisaalta osa vastaajista oli sitä mieltä, että palvelun toiminta oli nopeaa ja helppokäyttöistä. Vastusten eroja selittää aineiston eri käyttötarkoitus eri osapuolten välillä.

Lähtötietokoneen sijasta hyvään kansiorakenteeseen kannattaa panostaa. (Haastattelu.)

Osa vastaajista kommentoi myös lähtötietokoneen käyttökelpoisuutta väyläsuunnittelun kannalta. Lähtötietokoneessa oli rajaustoiminto, jonka avulla tietoja pystyi lataamaan tietyltä alueelta. Esimerkiksi siltasuunnittelussa tämä ominaisuus on kätevä, kun aineistoksi tarvitaan vain siltapaikan lähtöaineisto. Väyläsuunnittelija taas joutuu lataamaan kaiken lähtötietomallin aineiston koko suun-



nittelualueelta, jolloin se on helpommin ladattavissa kansiorakenteesta. Muuhun kuin väyläsuunnittelun käyttötarkoitukseen lähtötietokone palveleekin luultavasti paremmin käyttäjiänsä.

Olisiko samaan ”ohjelmaan” mahdollista lisätä myös suunnitelmamalliaineistojen lataaminen perustuen sijaintiin? (Haastattelu.)

Lähtötietokoneen kehitystarpeet muodostuivat suureksi osaksi niiden asioiden perusteella, joita vastaajat pitivät lähtötietokoneen heikkouksina (mm. toimivuus, helppokäyttöisyys ja päivittyminen). Mainittujen kehitystarpeiden lisäksi lähtötietokoneen parannusehdotukseksi esitettiin myös 3D-ominaisuutta. Yhdessä vastauksessa parannusehdotuksena oli ajatus mahdollisuudesta toteuttaa lähtötietokonetta vastaava konsepti myös suunnitelmamalliaineistoille.

#### 5.4 Suunnitelmamalli

Suunnitelmamallin laatua selvitettiin vastaavasti kuin lähtötietomallin. Lomakkeessa suunnitelmamallin aineistokokonaisuudet oli jaoteltu tekniikkalajikohtaisesti, joka noudattaa Liikenneviraston Rakennussuunnitelman sisältö ja esitystapa -ohjetta.

Eri osapuolilta saadut vastaukset poikkesivat jonkin verran toisistaan. Yhteneviä vastauksia löytyi niihin asioihin, joita pidettiin tärkeimpinä aineistoina ja aineistokokonaisuuksina mallipohjaisen suunnittelun kannalta. Jokaisella vastaajalla tärkeimpien aineistojen listassa ensimmäisenä olivat väylien laskennalliset geometriat (mittalinjat ja reunalinjat). Tarjousvaiheen lähtöaineistossa tässä oli kuitenkin puutteita. Aluksi toimitettiin vain mittalinjat ja myöhemmin täydennyksenä reunalinjoja liittymäalueiden osalta. Vastauksissa kommentointiinkin sitä, että jos reunalinjat on kertaalleen TS- tai TTS-vaiheessa mallinnettu, miksei niitä toimiteta.

Muina tärkeimpinä aineistoina pidettiin taitorakenteiden (sillat, paalulaatat ja tukimuurit) tietomalleja, joiden laatu ja sisältö vastaajien mielestä olivat tarjousvaiheessa erittäin hyvää. Tärkeiksi aineistokokonaisuuksiksi mainittiin myös

pohjanvahvistukset, kuivatusjärjestelyt varusteineen ja laitteineen. Eri aineistokokonaisuuksien lisäksi merkittävänä pidettiin kohteiden määrittelyä ja koodausta yhteisellä tavalla.

Osa vastaajista mainitsi tärkeäksi väylien ja pohjanvahvistusten pintamalleista ylimmän ja alimman yhdistelmäpinnan sekä massanvaihtojen tai mahdollisten ylipenkereiden pinnat. Vastauksissa kuitenkin korostettiin, että jälleenkäyttöarvon kannalta pintamalleista kolmioverkkojen lisäksi tarvitaan taiteviivat, joista kolmioverkot muodostuvat. Lähtöaineiston suunnitelmamallin pintamallit sisälsivätkin taiteviivat, mutta puutteita oli esimerkiksi taiteviivojen koodauksessa. Päätien osalta aineistossa oli mallinnettu rakennekerrokset. Niiden pintamalleilla ei kuitenkaan ole käytännön hyötyä jatkosuunnittelussa, koska ne on rakennussuunnitelmavaiheessa mallinnettava uudelleen. Pinnoista saadaan kuitenkin lisäinformaatiota ja ne toimivat yhtenä tarkastuskeinona verrattaessa alustavan rakennussuunnitelman mallia TTS:n suunnitelmamalliin.

Yleisesti ottaen vastauksista ilmeni se, että monissa tekniikkalajien aineistoissa oli sekä hyviä että huonoja piirteitä. Yhden vastaajaosapuolen mukaan suunnitelmamallin lähes kaikki aineisto oli laadultaan normaalia tai keskimääräistä parempaa. Muiden vastaajien mukaan puutteita oli kuitenkin sekä aineiston sisällössä että dokumentoinnissa. Sisällössä ilmenneet ongelmat liittyivät muun muassa aineistojen päällekkäisyyksiin sekä virheisiin koodauksessa. Dokumentoinnin ongelmat liittyivät aineistojen nimeämiseen ja tiedon löytymiseen kansiorakenteen ja tietomalliselostuksen ristiriitojen takia. Yhden vastaajan mukaan varsinkin alkuvaiheessa uusimman tiedon löytäminen oli erittäin vaikeaa.

Mallit taisi olla tallennettuina jossain luonnos-nimisessä kansiossa. (Haastattelu.)

Aineistossa todettiin myös olevan selkeitä eroavaisuuksia kahden eri osapuolen laatimien suunnitelmakokonaisuuksien välillä. Aineisto ei siis ollut yhteneväistä aineistojen nimeämisen ja sisällön osalta, mikä osaltaan vaikeutti aineiston hyödyntämistä.

Tiettyjen tekniikkalajien digitaaliset lähtöaineistot olivat kaikkien haastateltavien mukaan normaalin laatuista tai hyviä ja niistä mainittiin vain vähän puutteita. Näitä tekniikkalajeja olivat

- ympäristösuunnittelu
- valaistus (vain yhden alueen pylvässijoittelu, pylväiden sijoittelu olisi hyvä toimittaa jatkokäyttöön)
- liikenteenohjaus ja telematiikka
- otto- ja läjitysalueet
- sillat, tunnelit ja taitorakenteet
- lunastettavat alueet ja oikeudet.

Suunnitelmamallin hyvinä puolina vastaajat näkivät tiedon laajemman määrän perinteiseen lähtöaineistoon verrattuna ja sen, että aineistoa oli enemmän avoimessa formaatissa. Esimerkiksi kuivatuksen järjestelmät olivat IM3-muodossa, jolloin niiden jatkokäyttö oli helpompaa. Koodauksessa oli kuitenkin virheitä, jolloin kaikkien tiedostojen avaaminen ei onnistunut tai ne kuvautuivat väärin, esimerkiksi rummut kuvautuivat vesijohdoiksi yms. Aineisto oli hyödynnettävissä myös CAD ja GIS -ohjelmilla, jota yksi vastaaja piti erittäin hyvänä asiana.

Suunnitelmamalliaineiston luettelo olisi hyvä apuväline aineistoon tutustuessa (vastaava kuin lähtöaineistoluettelo).  
(Haastattelu.)

Kehitettävää vastaajat näkivät suunnitelmamalliaineiston dokumentoinnissa. Aineistojen löytymistä helpottaisi lähtöaineistoluettelon kaltainen luettelo suunnitelmamalliaineistolle. Suunnitelmamalliaineistoihin liittyvien asioiden lisäksi vastaajat kommentoivat digitaalista suunnitelma-aineistoa. Suunnitelma-aineistossa jokaisen tiedon tulisi löytyä vain kertaalleen. Esimerkiksi eri kartoissa esitettävät tiedot (kuten linjat tai lunastettavat alueet) linkitettäisiin jokaiseen karttaan vain yhdestä kansioista. Ei niin, että samasta asiasta on monta eri tiedostoa monessa eri paikassa, jolloin on vaikea varmistua siitä, että tieto on joka paikassa samaa ja muutosten myötä päivitettyä. Suunnitelma-aineiston karttoja voidaan

seuraavassa suunnitteluvaiheessa käyttää mallintamisen tukena esimerkiksi referenssikarttoina suunnittelujärjestelmässä.

### 5.5 Yhdistelmämalli

Kattavasti käsittää koko alueen. (Haastattelu.)

Yhdistelmämallia ja sen sisältöä kartoitettiin avoimilla kysymyksillä. Tarjousvaiheen yhdistelmämalli oli niin sanottu katselumalli, jolloin se oli muodostettu nimenomaan vain tarjousvaihetta varten. Vastausten perusteella yhdistelmämallin nähtiinkin lähinnä helpottavan kokonaisuuden hahmottamista ja hankkeeseen tutustumista. Hyvinä puolina vastaajat mainitsivat linkitykset eri piirustuksiin (esimerkiksi siltapiirustukset).

Vaikka yhdistelmämalli olikin tehty vain katselumalliksi tarjousvaihetta varten, vastaajat kommentoivat yleisesti yhdistelmämallin jälleenkäyttöarvoa. Yleensä suunnitteluohjelmistot itsessään pystyvät tekemään törmäystarkasteluja esimerkiksi vesihuollon osalta ja lukemaan eri tekniikkalajien, kuten esimerkiksi siltojen tietomalleja, jolloin aineiston siirto erilliseen yhdistelmämalliin jää tarpeettomaksi. Suunnittelun aikana itse suunnittelujärjestelmä siis toimii yleensä yhdistelmämallin alustana. Aiemman vaiheen erilliseen tietokantaan koottua erillistä mallia ei suoraan pystytä hyödyntämään jatkosuunnittelussa, vaan yhdistelmämalli on rakennussuunnitelmavaiheessa muodostettava uudestaan. Pelkkä katselumalli taas palvelee ainoastaan tarjousvaiheessa hankkeeseen tutustumista.

Yhdistelmämallin parannusehdotuksena mainittiin että sen kautta voisi ladata aineistoja ja että siitä näkisi suoraan mistä jokin tietty aineisto löytyy kansiorakenteesta. Yhdessä vastauksessa nähtiin kehitystarvetta sille, että tiedon integroinnissa käytettäisiin paikkatietojärjestelmää. Käyttökelpoista voisi olla esimerkiksi taustakarttanäkymä, joka helpottaisi sijainnin hahmottamista.

## 5.6 Kokonaisvaltainen näkökulma

Haastattelulomakkeessa käsiteltiin lyhyesti myös taustatietoja ja kokonaisvaltaista näkökulmaa. Taustatiedoilla haettiin vastauksia niihin kysymyksiin miten digitaalista aineistoa on käytetty elinkaaren näkökulmasta, millä ohjelmilla suunnittelu on toteutettu ja paljonko tarjousvaiheen suunnitteluun osallistuneilla osapuolilla on kokemusta mallipohjaisista hankkeista.

Lisäksi vastaajilta haluttiin mielipide niistä tarjouspyyntöasiakirjoihin tai tarjousaineistoon liittyvistä asioista tai aineistoista, jotka koetaan yleisesti tärkeimmiksi osiksi tarjoustusta laadittaessa. Kaikkien vastaajien mukaan lähtöaineiston luotettavuus ja yksiselitteisyys olivat erittäin tärkeitä seikkoja. Yleisesti tarjouspyyntöasiakirjoissa eri asiakirjojen (esim. hankekuvaus ja tekniset vaatimukset) ristiriidattomuus, selkeä määrittely oli vastaajien mielestä myös ensiarvoisen tärkeää. Lisäksi vastauksissa korostettiin sitä, että samojen asioiden toistoa ja esittämistä pitäisi välttää eri asiakirjoissa ja dokumenteissa. Tällöin tieto löytyisi vain yhdestä paikasta ja sen ajankohtaisuudesta voisi olla varma. Osa vastaajista mainitsi tärkeäksi myös tilaajan antamat määrät, jotka antavat heti suuruusluokan ja vertailuperusteet. Tärkeänä pidettiin myös jonkinnäköistä perusratkaisua, josta suunnitelmaa voi alkaa parantamaan kokonaisuuteen ja omiin tuotantomeneelmiin soveltuvaksi.

### Tarjouspyyntöasiakirjat ajallaan. (Haastattelu.)

Tärkeänä pidettiin myös sitä, että tarjouspyyntöasiakirjat ja kaikki aineisto toimitetaan tarjouskilpailuun osallistuville osapuolille ajallaan. Lisäksi suurten hankkeiden yhteydessä aineistossa pitäisi välttää ns. turhan tiedon sisällyttämistä tarjouspyyntöaineistoon. Etenkin suurissa hankkeissa aineistoa on valtavasti, jolloin olennaista on keskittyä oleellisen tiedon toimittamiseen sekä hyödyntämiseen. Tarjouspyyntövaiheessa järjestetty infotilaisuus tietomallipohjaisesta aineistosta koettiin hyväksi ja vastaava tilaisuus koko tarjouspyyntöaineistosta edesauttaisi osaltaan tarjoajien sijoittamista samalle lähtöviivalle tarjouksen laatimisen osalta.

Hamina–Vaalimaa oli kansainvälinen hanke ja tarjouskilpailussa mukana olleissa konsortioissa oli mukana ulkomaalaisia osapuolia. Kansainvälinen osapuoli antoi yleisesti palautetta englanninkielisten selitysten puuttumisesta koskien digitaalista aineistoa. Heidän mielestään tarjouspyyntöasiakirjoissa pitäisi myös olla paremmin esitettynä ne kansalliset suunnitteluohjeet ja lainsäädäntö, joiden mukaisesti suunnittelu tulee toteuttaa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### Luovutettava aineisto

Mallintamisen tavoitteena on, että kertaalleen suunniteltua ja mallinnettua tietoa voidaan siirtää hankkeen elinkaaren aikana vaiheesta toiseen oikean muotoisena ilman, että tietoa katoaa. Tämä tarkoittaa käytännössä koko suunnitteluvaiheen aikaisen aineiston luovuttamista tilaajan käyttöön kyseisen vaiheen lopuksi. Esimerkiksi tiesuunnitelmavaiheen lopussa palveluntuottajan tulee luovuttaa tilaajalle aineisto, joka kattaa tiesuunnitelma-asiakirjat, tiesuunnitelmavaiheen tekniset piirustukset ja selvitykset sekä suunnittelu- tai malliaineiston. Jos hankkeesta laaditaan tiesuunnitelman täydennyssuunnitelma (kuten Hamina–Vaalimaa-hankkeessa), sovitaan sen sisällöstä ja esitystavasta hankekohtaisesti. Luovutettavan aineiston tulisi kuitenkin sisältää jatkosuunnittelun kannalta kaikki tarpeelliset aineistot, sillä TTS laaditaan juuri sen takia, että sen perusteella tarjoajat kykenisivät antamaan luotettavan arvion toteutettavan hankkeen suunnittelu- ja rakennuskustannuksista.

Luovutettu aineisto siis toimii jatkosuunnittelun ja tarjouksen laadinnan lähtökohtana. Tämän takia aineiston tulisi olla yksiselitteistä ja asettaa tarjoajat samalle viivalle. Mallintamista koskevissa ohjeissa mainitaankin, että tilaajan pyynnöstä konsultin tulee toimittaa koko aineisto tilaajan sekä muiden jatkoteutukseen osallistuvien käyttöön. Tällä hetkellä ohjeet eivät kuitenkaan riittävän tarkasti erittele mitä malliaineistoa tulee luovuttaa. HaVassa tämä näkyi esimerkiksi siinä, että maastomallista luovutettiin aluksi pelkät kolmioverkot ja väylien laskennallisista geometrioista vain mittalinjat. Muun muassa reunalinjojen puuttuminen lähtöaineistosta saattaa liittyä siihen, että Liikenneviraston koekäytössä olevassa ”Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta” -ohjeessa luovutettavan aineiston listassa ei mainita geometrioita, vaan luovutettavan aineiston listaus keskittyy eri pintamalleihin.

Kaiken aiemassa suunnitelmavaiheessa tuotetun aineiston luovuttaminen ei kuitenkaan ole järkevää, sillä digitalisaation myötä tiedon määrä ja aineistojen

koko on kasvanut räjähdysmäisesti, mikä aiheuttaa ongelmia sekä teknologian että ihmisten kannalta. Käytännössä tämä näkyy esimerkiksi ohjelmistojen suorituskyvyssä ja käyttöjärjestelmien kapasiteetissa käsitellä tiedostopolkuja. Se myös hidastaa isoissa hankkeissa lähtöaineistoon tutustumisessa ja halutun tiedon löytymisessä. Tilaajan hankintaa ohjaavia julkaisuja pitää siis kehittää niiden aineistojen osalta, joihin ohjeet eivät tällä hetkellä riittävästi ota kantaa tai vaihtoehtoisesti tilaajan tulee osata hankekohtaisesti asettaa tarkemmat vaatimukset lähtöaineiston sisällölle. Tilaajan tehtävä onkin määritellä jo tarjouspyyntöasiakirjoja laadittaessa se lähtöaineisto, joka on tarpeellista tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun näkökulmasta.

- Hankevaiheen lopussa tilaajan on varmistettava, että tarvittava aineisto on laadittu ja voidaan toimittaa eteenpäin seuraavaan vaiheeseen.
- Tilaajalle selkeä ohjeistus hankinnan ja tarjousvaiheessa vaadittavan aineiston osalta.
- Tarkastuslista vaaditun aineiston toimittamisesta hankevaiheittain.

## Tiedonhallinta

Luovutettavien tiedostojen ja kansioden pitäisi noudattaa yhteisesti sovittuja dokumentointitapoja. Esimerkiksi lähtötietomallin idea on juuri se, että aineisto on koottuna yhteen paikkaan ja sellaisessa muodossa, jota voidaan ilman muokkaustoimenpiteitä hyödyntää jatkosuunnittelussa. Tärkeintä ei siis ole se missä se tehdään (esim. yhteinen kansiorakenne tai projektipankki), vaan miten sen tehdään.

Yhtenä isompana asiana vastausten perusteella nousi lähtöaineiston puutteet dokumentoinnissa ja sen erilaisuus suunnitteluosittain. Jos hanke on laaja ja sen suunnitelman tekemiseen on osallistunut useampi suunnittelutoimisto, tulisi mallien olla samojen periaatteiden mukaan dokumentoitua. Pelkkään dokumentointiin liittyvät erot eivät sinänsä vaikuta itse mallin tai tiedoston sisältöön, mut-



ta tarvittavan aineiston löytymiseen kuluu kuitenkin huomattavasti enemmän aikaa, jos esimerkiksi tietomalliselostus ei vastaa kansiorakennetta tai aineiston nimestä ei voi päätellä tiedoston sisältöä. Jollain pitäisi siis olla vetovastuu siitä, että luovutettava aineisto on samalla tavalla dokumentoitua ja sen avulla helposti löydettävissä ja mahdolliset puutteet huomattavissa.

Yksi dokumentointiin ja tiedonhallintaan liittyvistä ongelmista on tiedon päivittyminen. Myöskään ohjeet eivät ota kantaa siihen, miten päivittyvän tiedon kanssa tulisi toimia. Lähtötietomallin osalta lähtöaineistoluetteloon kirjataan päivitetty tai muutetut aineistot tarvittavilla revisiomerkinnoilla. Suunnitelmamallien tiedonhallintaan ei kuitenkaan ole samanlaista käytäntöä, vaan ainoastaan suunnitelmamallien lopputilanne kirjataan tietomalliselostukseen. Hyväksi todettu lähtöaineistoluettelo toimisi varmasti myös suunnitelmamallien dokumentoinnissa.

Tarjousvaiheessa yksi tiedonhallinnan ongelmista on se, että lähtöaineisto toimitetaan usein kansiorakenteena ja se voi olla myös ladattavissa verkosta (HaVassa esimerkiksi lähtötietokoneesta). Kun tarjousvaiheessa tulee uutta päivitettyä aineistoa, toimitetaan se lisäkirjeessä, jolloin samaa aineistoa löytyy monesta eri paikasta. Tällöin käyttäjät joutuvat etsimään tarvitsemaansa aineistoa eri kansioista ja usein myös tarkastamaan ne ristiriitojen varalta. Myöskään lähtötietokoneen osalta ei voida olla varmoja, onko uusin tieto päivitetty myös sinne. Esimerkiksi HaVassa lähtötietokoneesta ei löytynyt mitään revisiopäivämäärää, josta olisi nähnyt koska tai mitä aineistoa on päivitetty vai onko ylipäättäen.

Tiedonhallinta tulisi automatisoida. Esimerkiksi lähtöaineisto- ja sisällysluettelot tehdään Exceliin, jolloin niiden päivittyminen on täysin ihmisestä riippuvaista. Tällainen ”käsin tehtävä” tiedonhallinta asettaa dokumentoinnille erityistä painoarvoa. Hyvä idea olisi jakaa lähtöaineisto tarjousvaiheessa projektipankin tai tietokannan välityksellä, jolloin aineisto päivittyisi siellä samaan kansiorakenteeseen automaattisesti revisiomerkinnoin. Myös esimerkiksi sisällysluettelon tai lähtöaineistoluettelo olisi varmaan mahdollista muodostaa suoraan projektipankkiin, ei Excel-tiedostoon, jolloin luettelon päivittäminen ei olisi täysin ihmisestä riippuvaista.

- Tiedonhallinnan automatisointi ja dokumentointitapojen standardointi.
- Tällä hetkellä ei ohjetta tarjousvaiheessa päivittyvän aineiston toimitamisesta.
- Tarjousvaiheessa päivittyvän aineiston luovuttamiseen uudenlainen toimintatapa lisäkirjeiden tilalle.
- Aineistoluettelo suunnitelmamallien dokumentointiin.

### Jälleenkäyttöarvo

Jälleenkäyttöarvo on yksi mallintamisen tärkeimmistä tavoitteista. Jotta aineisto olisi käyttökelpoista, sen tulee olla oikeassa formaatissa, oikein koodattua ja yksiselitteistä. Esimerkiksi HaVassa lähtötietomallin osalta suurimpia ongelmia aineiston sisällössä oli pohjatutkimuksissa, joiden muokkaaminen hyödynnettävään muotoon vei paljon aikaa tarjousvaiheessa. Myös johtotiedot olivat yksi heikkolaatuisimmista aineistokokonaisuuksista lähtötietomalliaineistossa. On yleisesti tiedostettu ongelma, että johto- ja laiteomistajilta saatava aineisto on usein heikkolaatuista eikä noudata tietojen mallintamiselle asetettuja vaatimuksia. Erittäin tärkeää olisikin saada myös johto- ja laiteomistajat mukaan mallintamisen kehitystyöhön, jolloin puutteellisia tietoja ja käytäntöjä saataisiin korjattua. Johtotietoihin liittyvä systemaattinen mallintaminen saattaisi synnyttää myös uutta tarpeellista palvelutoimintaa.

Sisältöön liittyvät ongelmat ja puutteet pitäisi pystyä huomaamaan jo ennen, kuin aineisto on luovutettu seuraavan suunnitteluvaiheen käyttöön. Tällä hetkellä lähtöaineistojen heikko hyödynnettävyys ja laatupuutteet paljastuvat kuitenkin pääosin vasta silloin, kun seuraavaan suunnitteluvaiheen suunnittelija alkaa käyttää aineistoa. Lähtötieto- ja suunnitelmamallien sekä myös muun digitaalisen aineiston laadunvarmistustoimenpiteisiin pitäisi siis kiinnittää paremmin huomiota. Parannettavaa löytyy varmasti esimerkiksi itselleluovutuksesta, joka yleensä tehdään kiireellä. Aineisto tulisi tarkastaa sisäisesti ja mahdollisesti ul-

kopuolisen toimijan toimesta. Aineiston laatija tulee usein sokeaksi omalle työleen, jolloin kaikkia virheitä ja puutteita ei erinäisistä laadunvarmistustoimenpiteistä huolimatta huomaa. Laadittu aineisto tulisi myös testata eri ohjelmistolla tai järjestelmällä kuin millä se on laadittu, jolloin voidaan varmistua siitä, että uloskirjoitettu aineisto toimii halutulla tavalla myös muissa järjestelmissä.

- Edellisen suunnitteluvaiheen vastuulla on varmistaa aineiston käyttökelpoisuus.
  - Ei vain mallinnettu aineisto, vaan myös muu digitaalisessa muodossa esitetty tieto esim. viitoituksen mitoituskuvat, pohjatutkimukset, johtotiedot yms.
- Laadunvarmistustoimenpiteitä on kehitettävä:
  - Silmämääräisesti tehtävä itselleluovutus ei riitä sellaisenaan.
  - Itselleluovutus tulisi ohjeistaa.
  - Automaattisia tarkastusohjelmistoja pitäisi kehittää ja hyödyntää laajemmin.
  - Ulkopuolisen tarkastuksen käyttöä voisi lisätä.

Jälleenkäyttöarvoon liittyy olennaisesti myös aineiston käyttötarkoitus, joka näkyy siinä mitä ja miten eri osapuolet aineistoa käyttävät ja sen määrittäminen mallipohjaisen hankkeen suunnittelussa onkin erittäin tärkeää. Käyttötarkoituksen määrittämisessä pitäisi lähteä liikkeelle seuraavaan käyttäjän tarpeesta eli siitä millaista aineistoa esimerkiksi urakoitsija tarvitsee toteutusvaiheessa tai rakennussuunnitelman laatija tiesuunnitelman laatimisen jälkeen. Tämä idea ehkä kuitenkin hämärtyy hankkeissa, jotka toteutetaan elinkaari- tai ST-mallilla, joissa tiesuunnitelman laatimisen jälkeen rakennussuunnitelman laatijan lisäksi aineiston käyttäjiä ovat tarjousvaiheessa myös toteutus- ja/tai ylläpitovaiheista vastaavat. Tällaisten hankkeiden tarjousvaiheessa inframallin tulisi kuitenkin palvella parhaiten rakennussuunnitelman laatijaa, sillä tarjousvaiheessa laadittu tarjous perustuu enemmän tai vähemmän rakennussuunnitelman laatijan tekemiin muutoksiin ja ratkaisuihin, joiden perusteella lopullinen hinta muodostuu.

Yksi esimerkki käyttötarpeen määrittämisessä on yhdistelmämallin laatiminen. Etenkin tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun näkökulmasta on syytä pohtia ketä yhdistelmämalli palvelee ja mikä sen jälleenkäyttöarvo on. Yhdistelmämallia

pidetään yleisesti tärkeimpänä mallina. Mallin tärkeys kuitenkin korostuu lähinnä suunnittelun aikana esimerkiksi teknisten suunnitelmaratkaisujen yhteensovittamisessa. Tällöin yhdistelmämalli ”sijaitsee” usein suunnittelujärjestelmässä, ei erillisessä tietokannassa. Esimerkiksi HaVan tarjousvaiheessa yhdistelmämalli oli tarjousvaihetta varten tehty katselumalli. Haastattelussa saatujen vastausten pohjalta nousikin kysymys pystytäänkö aiemmassa suunnitteluvaiheessa muodostettua yhdistelmämallia hyödyntämään muuhun kuin katseluun ja informaation tueksi? Katselumallin laatiminen aiheuttaa paljon lisätyötä, joten sen muodostamista osana suunnitteluprosessia tulisi harkita tai kehittää sen ominaisuuksia palvelemaan paremmin seuraavan vaiheen käyttäjää. Mallista olisi enemmän hyötyä jos sen ominaisuuksia pelkästä katselumallista kehitettäisiin enemmän lähtötietokonetyypiseen käyttötarkoitukseen, jolloin esimerkiksi suunnitelmamalliaineisto olisi ladattavissa tietokannan kautta ja siihen yhdistyisi myös paikkatieto- ja kartta-aineistoa.

Toinen esimerkki lähtöaineiston hyödynnettävyydestä ovat muun muassa väyli- en pintamallit. Vaikka mallipohjainen suunnittelu perustuukin esimerkiksi väyli- en osalta pintojen mallintamiseen, suunnittelija tarvitsee silti aineiston, josta pinta- mallit muodostuvat. Näin ollen elinkaarihankkeen tarjousvaiheessa ja jatko- suunnittelussa pintamallit ovat suunnittelijan kannalta lähes tarpeettomia, koska ne joudutaan joka tapauksessa mallintamaan uudelleen. Niitä voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi toteutuksen suunnittelussa tai muussa informatiivisessa tarkastelussa. Mallipohjaista aineistoa esimerkiksi siltojen osalta ei myöskään suoraan voida hyödyntää jatkosuunnittelussa, vaan malli on seuraavassa vai- heessa muodostettava uudelleen. Edellisessä vaiheessa laadittuja malleja ei siis päivitetä vaan sen tuomaa lisäinformaatiota käytetään seuraavan vaiheen mallin muodostamisessa esim. väyläsuunnittelussa geometrialinjojen avulla.

### **Ohjeet ja standardit**

Mallintamisen ollessa murrosvaiheessa digitaalinen suunnittelu-aineisto (eli seuraavan vaiheen lähtöaineisto) koostuu kahdesta eri kokonaisuudesta, mal-

linnetusta aineistosta sekä ”perinteisestä” digitaalisesta aineistosta kuten suunnitelmakartoista tai pituus- ja poikkileikkauksista. Tämä tarkoittaa siis sitä, että aineisto tuotetaan kahden eri ohjeistuksen (vanhat suunnitteluohjeet sekä uudet mallinnusohjeet) mukaisesti, jolloin samaa aineistoa löytyy eri paikoista. Esimerkiksi suunnitelmakarttojen taustalla käytettävien pohjakarttojen pitäisi linkittyä suoraan lähtötietomallista, eikä niin että samaa tietoa löytyy myös suunnitelma-aineistojen xref-kansioista.

Mallipohjaisen aineiston tulisi tuoda helpotusta myös suunnitelmapiirustusten tekemiseen, johon kuluu kuitenkin verrattain paljon aikaa. Piirustusten teko ei vielä tälläkään hetkellä toimi niin, että suunnittelujärjestelmästä tulostetaan valmis kuva, jota ei tarvitse muokata. Koska dokumenttipohjainen tiedonhallinta kuitenkin säilyy mallipohjaisen rinnalla vielä pitkään, pitäisi piirustusten tekoa helpottaa ”keventämällä” niiden sisältöä, jolloin piirustuksissa ei tarvitsisi esittää kaikkea tällä hetkellä vaadittavaa informaatiota.

Mallintamisen käyttöönotto luo tarpeen myös vanhojen ohjeiden ajankohtaisuuden arvioimiselle. Esimerkiksi on hyvä pohtia muun muassa Liikenneviraston ohjeita koskien tie- ja rakennussuunnitelmien sisältö ja esitystapa- sekä toimintaohjeiden päivittämistä vastaamaan mallipohjaisen suunnittelun asettamia tarpeita, sen sijaan että käytetään Liikenneviraston erillistä ohjetta mallipohjaisen suunnittelun tueksi. Tällä hetkellä monet suurimmista hankkeista toteutetaan ST- ja elinkaarimalleilla, jolloin laaditaan tiesuunnitelman täydennyssuunnitelma ja TTS vaiheessa luovutettavasta aineistosta sovitaan tapauskohtaisesti. Pitäisikö tämän vaiheen sisällöstä kuitenkin laatia yleinen ohjeistus? YIV-ohjeiden taas pitäisi vastata kokonaisvaltaisesti hankinnan, suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon tarpeisiin, ja ohjata siihen miten ne tarpeet voidaan toteuttaa mallipohjaisesti.

Joka tapauksessa ohjeiden pitäisi olla yksiselitteisiä ja keskenään ristiriidattomia. Ohjeistus ei kuitenkaan saa rajata suunnittelua liikaa, vaan niiden avulla määritetään vain minimivaatimukset. Tärkeää onkin muistaa, että Yleiset infamallivaatimukset ovat vain yleisiä ohjeita, joita ei voida täysin soveltaa jokaisessa hankkeessa. Tilaajan tehtävä on määritellä hankekohtaisesti mallintamisen

tasoa ja tarkkuus sekä määritellä tarkat mallivaatimukset ja näin osata tilata oikeanlaista aineistoa. Palveluntuottajien taas tulee osata käyttää ja muodostaa vaadittua aineistoa.

Ajatusmaailma tiedonsiirtoformaattien osalta on muuttumassa siihen suuntaan, että ikinä ei tulla saavuttamaan tilaa, jossa kaikki tieto voidaan kuvata yhden formaatin avulla. Vaan eri aineistojen kuvaamiseen käytetään niitä tiedonsiirtoformaatteja, jotka parhaiten sitä käyttötarkoitusta palvelevat. Käytännössä tämä tarkoittaa formaattien kehittämistä entistä kattavimmiksi ja ohjelmistojen kehittämistä siihen suuntaan, että ne pystyvät lukemaan useampia formaatteja.

- YIV ja muiden mallinnusohjeiden keskinäinen ristiriidattomuus.
- Liikenneviraston muiden suunnitteluohjeiden päivittäminen mallintamisesta aiheutuneiden muutosten myötä.
- Tiesuunnitelman täydennyssuunnitelman sisältö ja esitystapa -ohje.
- YIV-ohjeisiin tarkemmat ja yksiselitteiset vaatimukset tuotettavasta ja luovutettavasta aineistosta hankevaiheittain.
- Ohjelmistojen kehittäminen vastaamaan tiedonsiirron asettamia vaatimuksia.

## Toimintatavat

Toimintakulttuurin ja -tapojen tulisi muuttua ensisijaisesti niin, että ei mallinneta suunnitelmaa, vaan tehdään mallipohjaista suunnittelua. Tällä hetkellä useissa hankkeissa esimerkiksi tarjousvaiheessa aiemman vaiheen suunnitelma mallinnetaan uudelleen omaan suunnittelujärjestelmään, jotta voitaisiin laskea edellisen vaiheen massat uudelleen. Vaikka massalaskennan tuleekin olla mahdollista mallipohjaisesti, siihen käytettävä aika tarjousvaiheessa on moninkertainen verrattuna siihen, että aiemman vaiheen määrät toimitettaisiin Excel-tiedostona, jota monet massansiirto-ohjelmat pystyvät vain hyödyntämään. Mallin tulisi toi-

mia ainoastaan perusratkaisusta laskettujen massa- ja määrätaulukoiden tukena ja tarkistustyökaluna. Edellisessä vaiheessa massat ja määrät on kuitenkin taulukoitu hankkeen kustannusarvion laatimiseksi, joten miksi kertaalleen laadittua taulukkoa ei voisi luovuttaa myös muille tarjoajille.

Lähtötietomallin ja suunnitelmamallin laadinnassa tulisikin löytää kultainen keskitie sille miten tieto kannattaa esittää, niin että se palvelee parhaiten jatko-suunnittelun tarpeita. Mallintaminen on kuitenkin vain yksi menetelmä tiedon esittämiseksi. Olennaista on, että osataan käyttää olemassa olevaa tietoa, oli se sitten kaksi- tai kolmiulotteista, taulukoita tai dokumentteja. Mallintamisessakin on muistettava, että suunnitteluratkaisun tulee olla lähtökohta tekemiselle ja malli on vain keino esittää se. Ei niin, että ensin tehdään malli ja sen jälkeen mietitään voiko ratkaisun oikeasti edes toteuttaa. Myöskään dokumentoinnin (eli kansiorakenteen ja tiedostojen nimeämisen) ei pidä olla mallintamisen ainoa itseisarvo, vaan fokus tulee olla itse mallin laadussa. Esimerkiksi Yleisissä inf-ramallivaatimuksissa väyläsuunnittelun osalta painotetaan erittäin paljon sitä miten tiedot dokumentoidaan, mutta taitorakenteiden ja siltojen kohdalla tätä ei ohjata yhtä tarkasti. Haastattelun pohjalta silta-aineisto oli kuitenkin vastaajien mielestä kaikilta osin parempaa kuin väyläsuunnittelun aineisto.

Mallipohjaisessa hankkeessa tarjousvaiheen prosessiin ei pitäisi kuulua lähtöaineiston valmistelu hyödynnettävään muotoon, vaan sen pitäisi jo olla sellaista. Valmisteluun kuluva aika asettaa myös tarjoajat eri asemaan, sillä aikaisempien suunnitelmien laatimisesta vastanneet palveluntoimittajat voivat ottaa laatimansa vanhat suunnitteluaineistot suoraan käyttöön. Tarjousvaiheiden aikataulut ovat yleensä erittäin tiukkoja, jolloin lähtöaineiston hyödynnettävään muotoon muokkaaminen on pois varsinaiselta suunnittelulta ja vaihtoehtotarkastelulta. Eli toisin sanoen tarjousvaiheen suunnittelun kustannukset painottuvat väärään asiaan, kertaalleen suunnitellun ratkaisun mallintamiseen sekä lähtöaineiston muokkaamiseen. Tällöin aika itse hankkeen suunnittelusta, jolla pyritään kokonaistaloudellisesti edullisimpaan ja parhaaseen ratkaisuun, pienenee. Mallintamisen myötä myös suunnitteluun käytettävä aika on kasvanut, sillä aineistoa tulee tuottaa enemmän. Jatkosuunnittelussa tuleekin osata arvioida kuinka pit-

källe mallintaminen kannattaa viedä. Mallintamisen kokonaisvaltaisena tavoitteena on kuitenkin tuottavuuden ja tehokkuuden parantaminen, joten voidaan miettiä kuinka kauan suunnittelijan kannattaa käyttää aikaa tietyn yksityiskohdan hiomiseen, jonka tekemiseen kaivinkoneen kuljettajalla menee kymmenen minuuttia.

Kuten todettu mallintaminen infra-alalla keskittyy tällä hetkellä pitkälti teknisten asioiden ympärille. Esimerkiksi miten eri mallien osat koodataan, miten kansiot ja tiedostot nimetään, missä muodossa tietoa siirretään ja miten tiedonhallinta toteutetaan. Mallinnusta tukevat ohjeet, yleiset tiedonsiirtomenetelmät sekä yhteinen nimikkeistö ovat kehitetty vastaamaan juuri näihin teknisiin kysymyksiin. Nämä peruspilarit tarvitsevat kuitenkin jatkuvaa kehittämistä, joka tapahtuu yhteistyöllä eri tahojen välillä. Vuorovaikutuksella muun muassa ohjelmistokehittäjien, infran omistajien ja palveluntuottajien välillä kehitetään omaa osaamista, tuetaan teknologian ja ohjelmistojen kehittymistä sekä viedään käytäntöön toimivat menetelmät infran rakentamiseksi ja tiedon hallitsemiseksi. Eri toimijoiden tulisi oppia ymmärtämään toistensa toimintatapoja ja tavoitteita ja laajentamaan omaa käsitystä inframallintamisesta, jotta saavutettaisiin tavoitteet laadun ja kustannustehokkuuden parantumisesta. Hyvä rakennustapa pitäisi brändätä paremmin myös osaksi infrasuunnittelua ja tehdä mallintamisesta menetelmä sen saavuttamiseksi.

**Prosessien, teknologian ja osaamisen kokonaisvaltainen kehittäminen.**

## Tutkimus

Opinnäytetyön ja sen yhteydessä tehdyn selvityksen perusteella on hankalaa antaa yksityiskohtaisista listausta siitä millaisella digitaalisella lähtöaineistolla on suurin jälleenkäyttöarvo tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun näkökulmasta, sillä lähtöaineiston hyödynnettävyys riippuu laadun lisäksi monesta muusta tekijästä



kuten aineiston käyttäjästä, käyttötarkoituksesta ja esimerkiksi suunnittelujärjestelmästä tai käytettävästä ohjelmistosta. Käytännössä kaikella tiedolla on käyttäjänsä, oleellista on että tarvittava tieto löytyy ja se on vaatimusten mukaista.

Opinnäytetyössä tutkittiin vain yhden hankkeen digitaalista lähtöaineistoa, mikä takia työ ei anna kokonaisvaltaista kuvaa infrahankkeiden lähtöaineistojen yleisestä tilasta. Tutkitun hankkeen tarjouskilpailu toteutettiin myös ajankohdassa, jolloin Yleiset inframallivaatimukset olivat vielä luonnosvaiheessa, mikä selittää omalta osaltaan lähtöaineistossa ilmenneitä puutteita. Samankaltaisia ongelmia on kuitenkin havaittu muissakin hankkeissa, jonka takia lähtöaineistojen laatupuutteista pitäisi kerätä systemaattista tietoa, jotta ongelmat vietäisiin eteenpäin, niistä otettaisiin opiksi ja lopulta löydetäisiin ratkaisu.

Jotta opinnäytetyön yhteydessä tehty selvitys olisi antanut kattavamman näkökulman haluttuihin kysymyksiin, olisi se pitänyt esittää erikseen tarjoajaorganisaatioiden eri osapuolille (mm. eri suunnitteluosapuolet, suunnittelun ohjaus, toteutusvaiheen suunnittelu, ylläpitojakson suunnittelu, tietomallinnuksesta vastannut taho yms.), sillä nyt vastaukset olivat pääosin yhdelle lomakkeelle kerättyjä ja painottuivat suunnitteluosapuolten mielipiteisiin. Opinnäytetyön perusteella ei voida antaa riittävästi tietoa siitä, miten aineistoa on käytetty elinkaaren toteutus- ja ylläpitovaiheen suunnittelussa. Mielenkiintoista olisi kuitenkin kertoittaa laajemmin sitä, mitä ja miten muut osapuolet aineistoa käyttävät. Selvityksessä olisi pitänyt paremmin tuoda esille myös se mitä digitaalisella ja mallinnetulla aineistolla tarkoitettiin, sillä jotkut vastaajat käsittivät ensin selvityksen koskevan vain pintamalleja.

## LÄHTEET

BuildingSMART bS 2015. Infrastructure. Viitattu 10.10.2015 <http://www.buildingsmart-tech.org/infrastructure/projects/alignment>.

BuildingSMART Finland bSF 2015. Viitattu 1.10.2015 <http://buildingsmart.fi/>.

BuildingSMART Finland bSF 2015a. InfraBIM-tiedotuslehti 2015 Viitattu 12.8.2015. [http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/03/INFRABIM\\_Tiedotuslehti2015\\_web.pdf](http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/03/INFRABIM_Tiedotuslehti2015_web.pdf).

BuildingSMART Finland bSF 2015b. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 1 Tietomallipohjainen hanke (5.5.2015). Viitattu 30.9.2015 <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>.

BuildingSMART Finland bSF 2015c. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 2 Yleiset mallinnusvaatimukset (5.5.2015). Viitattu 30.9.2015 <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>.

BuildingSMART Finland bSF 2015d. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 3 Lähtötiedot (5.5.2015). Viitattu 30.9.2015 <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>.

BuildingSMART Finland bSF 2015e. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri vaiheissa (5.5.2015). Viitattu 30.9.2015 <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>.

BuildingSMART Finland bSF 2015f. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 7 Rakennustekniset rakennusosat (5.5.2015). Viitattu 30.9.2015 <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>.

ELY-keskus 2015. Valtatien 7 (E18) parantaminen välillä Koskenkylä – Vaalimaa –projekti. Viitattu 20.8.2015 <http://www.kohava18.info/index.html>.

Helsingin kaupungin rakennusvirasto HKR 2014a. Kadun suunnittelun inframalliohje. Viitattu 30.8.2015 [http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katusuunnittelu\\_inframalliohje.pdf](http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katusuunnittelu_inframalliohje.pdf).

Helsingin kaupungin rakennusvirasto HKR 2014b. Taitorakenteiden tietomallinnusohje. Viitattu 30.8.2015 [http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet\\_tietomallinnusohje.pdf](http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet_tietomallinnusohje.pdf).

Horn, F. 2013. Rakennustuotemallit kalliorakennuskohteiden suunnittelun ja rakentamisen apuvälineinä. Diplomityö. Aalto-yliopisto, yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 82 s.

InfraBIM 2014. InfraBIM-sanasto. Viitattu 1.10.2015. [http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM\\_Sanasto\\_0-7.pdf](http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf).

InfraBIM 2015a. InfraBIM-nimikkeistö. Viitattu 28.8.2015. <http://www.infrabim.fi/infrabim-nimikkeisto-sivu/>.

InfraBIM 2015b. Lausuntopyyntö InfraBIM-nimikkeistö versio 1.6. 9.10.2015. Viitattu 6.11.2015. <http://www.infrabim.fi/lausuntopyynto-infrabim-nimikkeisto-versio-1-6-9-10-2015/>.

InfraBIM 2015c. BuildingSMART Summit Singaporessa – menestystä suomalaisittain. Viitattu 6.11.2015. <http://www.infrabim.fi/building-smart-summit-singaporessa-menestysta-suomalaisittain/>.

Junnonen, J. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. 102 s. ISBN 978-952-5472-97-4.

Karjalainen, A. 2013. Avoimen tiedonsiirron kehittäminen siltojen tietomallintamiseen. Diplomityö. Oulun yliopisto, konetekniikan osasto. Oulu. 86 s.

Liikennevirasto 2013. Valtatien 7 (E18) rakentaminen moottoritieksi välillä Hamina–Vaalimaa. Tiesuunnitelman laatiminen. Tietomalliselostus 21TT/1-1.

Liikennevirasto 2014a. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta. Koekäytössä oleva ohje (22.5.2014). Viitattu 12.8.2015 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-20\\_tiehankkeiden\\_mallipohjaisen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf).

Liikennevirasto 2014b. Siltojen tietomalliohje. Viitattu 12.8.2015 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf).

Liikennevirasto 2014c. Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje. Viitattu 12.8.2015 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-21\\_taitorakenteiden\\_suunnittelun\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-21_taitorakenteiden_suunnittelun_web.pdf).

Liikennevirasto 2014d. Valtatien 7 (E18) rakentaminen moottoritieksi välillä Hamina–Vaalimaa. Tiesuunnitelman täydentäminen. Tietomalliselostus 100TTS/1-1. Viitattu 20.8.2015 [http://www.kohava18.info/ts/h6/vt7\\_moottoritieksi\\_ha\\_va\\_ts\\_tayd\\_14/100tts/100tts-1-1\\_tietomalliselostus.pdf](http://www.kohava18.info/ts/h6/vt7_moottoritieksi_ha_va_ts_tayd_14/100tts/100tts-1-1_tietomalliselostus.pdf).

Liikennevirasto 2015a. Tietomalli ohjeistus. Viitattu 20.9.2015 <http://www.liikennevirasto.fi/ammattilaiselle> > Palveluntuottajat > Inframallit > Tietomalli ohjeistus.

Liikennevirasto 2015b. E18 Hamina–Vaalimaa. Viitattu 20.9.2015 [http://www.liikennevirasto.fi/tiehankkeet/tie\\_rakenteilla](http://www.liikennevirasto.fi/tiehankkeet/tie_rakenteilla) > E18 Hamina-Vaalimaa.

Liikennevirasto 2015c. Uutiset ja tiedotteet. Viitattu 20.8.2015. <http://www.liikennevirasto.fi/> > Hankkeet > Käynnissä > E18 Hamina-Vaalimaa > Ajankohtaista.

Liikennevirasto 2015d. Tietomallintaminen. Viitattu 20.9.2015 [http://www.liikennevirasto.fi/tiehankkeet/tie\\_rakenteilla](http://www.liikennevirasto.fi/tiehankkeet/tie_rakenteilla) > E 18 Hamina–Vaalimaa > Lisätietoa rakentamisesta > Tietomallintaminen.

Perttula, T. 2013. Prosessimuutos kohti laajamittaista tietomallintamisen hyödyntämistä. Viitattu 30.9.2015 [http://www.infrabim.fi/infrabim\\_uusi/pilottipaiva7/Tiina\\_Perttula\\_pilottipaiva\\_05062013.pdf](http://www.infrabim.fi/infrabim_uusi/pilottipaiva7/Tiina_Perttula_pilottipaiva_05062013.pdf).

PRE InfraFINBIM 2013. Inframodel –käyttöönotto-ohje versio 1.0 Viitattu 30.8.2015. <http://www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf>.

Rakennustietosäätiö RTS 2008. INFRA 2006 Rakennusosa- ja hankennimikkeistö Määrämittausohje. 2. painos. Vammala: Rakennustieto Oy. 222 s. ISBN 978-951-682-811-7

.

**SELVITYS:**

E18 Hamina-Vaalimaa -hankkeen tarjousvaiheen digitaalinen lähtöaineisto

**Laatija:**

Anna Partainen

**Opinnäytetyö:**

Lähtötietomallin ja suunnitelmamallin vaatimukset tietomallipohjaisessa hankkeessa

**Sisältö:**

1. Taustatiedot
2. Lähtötietomalli
3. Suunnitelmamalli
4. Yhteenveto digitaalisesta aineistosta
5. Kokonaisvaltainen näkökulma

**Lisätiedot:****Mikä?**

Tämä selvitys on osa opinnäytetyötä, joka tehdään Liikenneviraston toimeksiannosta ja tullaan julkaisemaan Liikenneviraston Tutkimuksia ja selvityksiä -sarjassa.

Selvitys koskee E18 Hamina-Vaalimaa-elinkaarihankkeen (PPP) palvelusopimuksen tarjousvaiheen digitaalista lähtöaineistoa.

**Miksi?**

Tilaaajana Liikennevirastoa kiinnostaa digitaalisen aineiston käytettävyyttä; *toimivuus, formaatit, ongelmat, vahvuudet ja puutteet* sekä oppiminen digitaalisen aineiston hankintaan.

E18 Hamina-Vaalimaa -hanke toimi Liikenneviraston pilottihankkeena tiesuunnitelman (TS) ja tiesuunnitelman täydennysvaiheen (TTS) tietomallinnuksessa. Selvityksessä halutaan palaute ko. hankkeen tarjousvaiheen lähtötieto- ja suunnitelmamallista.

Tavoitteena on selvittää HaVan lähtöaineistopalautteen kautta digitaalisen lähtöaineiston vaatimukset tarjousvaiheen ja jatkosuunnittelun kannalta.

**Miten?**

Selvitys toteutetaan haastatteleamalla hankkeen tarjousvaiheeseen osallistuneita konsortioita. Haastattelujen tiedot eivät tule julkaistuksi opinnäytetyössä.

**Yhteystiedot:**

Konsortio:

Haastattelun yhteyshenkilö:

Puh:

Sähköposti:

**Paikka:****Pvm:**

## 1. TAUSTATIEDOT


**1.1. Digitaalisen aineiston hyödyntäminen tarjousvaiheessa**

Käytetyt ohjelmistot ja versiot:

 Hyödynnettiinkö ohjelmistossa digit. aineistoa?  
(Muu kuin teksti- / taulukkomotoinen tieto)

## 1.1.1. Suunnittelu

Kyllä

Ei

 Väylä  
 Kunnallistekniikka  
 Geotekniikka  
 Ympäristö  
 Liikenteenohjaus ja telematiikka  
 Valaistus  
 Sillat, tunnelit ja taitorakenteet

## 1.1.2. Määrälaskenta ja massansiirto

Kyllä

Ei

 Määrälaskenta  
 Massansiirto

## 1.1.3. Hyödynnettiinkö digitaalista aineistoa koko hankkeen elinkaarta ajatellen jollain muulla tavalla ja miten? (Esim. ylläpitoa ajatellen, työmaan vaiheistuksen suunnitteluun yms.)

---



---



---



---

## 1.2. Kokemus mallipohjaisista hankkeista

## 1.2.1. Kuinka monesta mallipohjaisesta hankkeesta on kokemusta?

 Tarjousvaiheen suunnittelussa: kpl  
 Tiesuunnitelman laatimisessa: kpl  
 Rakennussuunnitelman laatimisessa: kpl

## 1.2.2. Kuinka monessa em. hankkeessa on hyödynnetty jonkun muun tuottamaa lähtöaineistoa?

---



---



---



## 2. LÄHTÖTIETOMALLI

1 = Aineisto keskimääräistä parempaa  
 2 = Aineisto normaalin laatuista  
 3 = Aineistossa ongelmia  
 4 = En osaa sanoa/ei käytetty

Jos vastaat 1 → tarkennus: mikä ja miksi oli hyvää

Jos vastaat 3 → ongelman kuvaus ja parannusehdotus

Jos vastaat 4 → tarkennus: miksi ei ole käytetty

OSA	aineisto	DIGITAALISEN AINEISTON HYÖDYNTÄMINEN/JÄLLENKÄYTTÖARVO																TARKENNUS:
(Lähtöaineistoluettelon mukainen jaottelu)		Nimeäminen				Dokumentaatio				Sisältö				Formaatti				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>A</b>	<b>Maastomalliaineisto</b>																	
<b>A1</b>	<b>Maastomalli</b>																	
	<b>A11</b> Perusmittaukset																	
	<b>A12</b> Täydennysmittaukset																	
A2	Mittausperusta																	
A3	Yleispiirteinen maastomalli																	
<b>A4</b>	<b>Maanpintamalli</b>																	
A4-1..2	Maanpintamalli plv. 1350-24700 ja 24700-32800																	
A4-3..4	Likimalli (läjitysalueet Sito, Y37)																	
A4-5	Rekkaparkin maanpintamalli																	
A4-6..7	Maanpintamalli plv. 32800-39000 ja 3900-46600																	
A4-8	Suunnittelujärjestelmistä tuotetut maastomallit, 1- ja 2-pinnat																	
<b>B</b>	<b>Maaperämalliaineisto</b>																	
B1	Maa- ja kallioperäkartat																	
B2	Kallioperätutkimukset																	
<b>B3</b>	<b>Maaperätutkimukset</b>																	
	<b>B31</b> Maatutkaluotaukset																	
	<b>B32</b> Pohjatutkimukset																	
B4	Laboratoriotutkimukset																	
B5	Pohjavesi (seuranta ja laatu)																	
<b>B6</b>	<b>Maaperämalli</b>																	
B6-1..2	Tutkittu kalliopinta																	
B6-3..4	Maakerrosrajapinnat, savi																	
B6-5	Maakerrosrajapinnat, leikkausmassojen laatu																	
B6-6	Rosa-ahonmäen kalliomalli																	
B6-7..8	Rekkaparkki, savi- ja kalliomalli																	

## 2. LÄHTÖTIETOMALLI

- 1 = Aineisto keskimääräistä parempaa  
 2 = Aineisto normaalin laatuista  
 3 = Aineistossa ongelmia  
 4 = En osaa sanoa/ei käytetty

Jos vastaat 1 → tarkennus: mikä ja miksi oli hyvää

Jos vastaat 3 → ongelman kuvaus ja parannusehdotus

Jos vastaat 4 → tarkennus: miksi ei ole käytetty

OSA	AINEISTO	DIGITAALISEN AINEISTON HYÖDYNTÄMINEN/JÄLLENKÄYTTÖARVO																TARKENNUS:
	(Lähtöaineistoluettelon mukainen jaottelu)	Nimeäminen				Dokumentaatio				Sisältö				Formaatti				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>C</b>	<b>Rakenteet ja järjestelmät</b>																	
C1	Rakennukset ja rakenteet (sis. Pohjarakenteet)																	
C2	Sillat																	
C3	Johto- ja laitetiedot																	
C31	Johtoselvitykset																	
C32	Kunnallistekniikka (johdot ja viemärit)																	
C33	Sähkö																	
C35	Maakaasu																	
C36	Tele																	
C7	Liikenteenohjaus																	
C8	Valaistus																	
<b>D</b>	<b>Kartta- ja paikkatietoaineisto</b>																	
D1	Kartat																	
D2	Kaava-aineisto																	
D3	Kiinteistötiedot ja maanomistus																	
D4	Paikkatieto																	
<b>E</b>	<b>Viiteaineisto</b>																	
E1	Suunnitelmat ja selvitykset																	
E1	Lausunnot ja päätökset																	
E3	Suunnitteluperusteet ja ohjeet																	
E4	Liikenne																	
E6	Maastokäynnit ja valokuvat																	

## Vapaa sana lähtötietomallin digitaalisesta/mallinnetusta aineistosta

Hyvää:

---

Huonoa:

---

Parannusehdotukset:

---

## 3. SUUNNITELMAMALLI

1 = Aineisto keskimääräistä parempaa  
 2 = Aineisto normaalin laatuista  
 3 = Aineistossa ongelmia  
 4 = En osaa sanoa/ei käytetty

Jos vastaat 1 → tarkennus: mikä ja miksi oli hyvää  
 Jos vastaat 3 → ongelman kuvaus ja parannusehdotus  
 Jos vastaat 4 → tarkennus: miksi ei ole käytetty

AINEISTO	DIGITAALISEN AINEISTON HYÖDYNTÄMINEN/JÄLLEENKÄYTTÖARVO																TARKENNUS:
	Nimeäminen				Dokumentaatio				Sisältö				Formaatti				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
3.1 Väylät ja liittymät (TS 40-60)																	
Väylät IM3																	
Taiteviivat																	
Pinnat																	
Linjalaskennat																	
Vapausasteet																	
Tietokantadumppi																	
3.2 Geotekniset toimenpiteet (TTS 70)																	
Paalulaatat (3Dsolid -objekti / 3Dface -pinta)																	
Paalutus (3Dface -kolmiopinta)																	
Stabilointi (3D solid -objekti)																	
Massanvaihdot (IM3, taiteviivat ja pinta)																	
Kevennykset (3Dface -pinta)																	
Geolujitteet (3Dface -pinta)																	
3.3 Kuivatus (TTS 80)																	
Laskuojat (IM3, taiteviivat ja pinnat)																	
Rumpu- ja hulevesiverkosto (IM3)																	
Pohjavesisuojaus (2D/3Dpolyline -objektit, dwg)																	
3.4 Ympäristösuunnittelu (TTS 90)																	
Aluemaiset kohteet (2Dpolyline -objekti)																	
Yksittäiset kohteet (2D block)																	
Maastonmuotoilut (IM3, taiteviivat ja pintamalli )																	
3.5 Valaistus (TTS 100)																	
Valaistavat alueet (2Dpolyline -viivat)																	
Yksittäiset pylväät (3D- objekti, dwg)																	



## 3. SUUNNITELMAMALLI

- 1 = Aineisto keskimääräistä parempaa  
 2 = Aineisto normaalin laatuista  
 3 = Aineistossa ongelmia  
 4 = En osaa sanoa/ei käytetty

Jos vastaat 1 → tarkennus: mikä ja miksi oli hyvää

Jos vastaat 3 → ongelman kuvaus ja parannusehdotus

Jos vastaat 4 → tarkennus: miksi ei ole käytetty

AINEISTO	DIGITAALISEN AINEISTON HYÖDYNTÄMINEN/JÄLLENKÄYTTÖARVO																TARKENNUS:
	Nimeäminen				Dokumentaatio				Sisältö				Formaatti				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>3.6 Liikenteenohjaus ja telematiikka (TTS 110)</b>																	
Kiinteä liikenteenohjaus (dwg+ini -tiedostot)																	
Telematiikka (dwg+ini -tiedostot)																	
<b>3.7 Tienpitäjät varusteet ja laitteet (TTS 120)</b>																	
Kattilaisten levähdysalue (vain yhdistelmämallissa)																	
<b>3.8 Muiden omistajien varusteet ja laitteet (TTS 130)</b>																	
Johtosiirrot (3Dpolyline -objekti)																	
Kaivannot / kaapelikanavat (3Dsolid -obj. tai 3Dface -pinta)																	
<b>3.9 Otto- ja läjitysalueet (TTS 140)</b>																	
Läjitysalueet (IM3, 3Dface -pintamalli)																	
Aluerajaukset (2D/3Dpolyline -objekti)																	
Läjitysalueen korkeuskäyrät (2Dpolyline -objekti)																	
<b>3.10 Sillat, tunnelit ja taitorakenteet (TTS 150)</b>																	
Mallinnetut sillat (IFC)																	
Tunnelin mallinnettu aineisto (IFC)																	
<b>3.11 Lunastettavat alueet ja oikeudet (TTS 170)</b>																	
Tiealueen ja yksityisteiden rajat (yhdistelmämallissa, dwg)																	
Suoja-alueen rajat (yhdistelmämallissa, dwg)																	
<b>Vapaa sana suunnitelmamallin digitaalisesta/mallinnetusta aineistosta</b>																	
Hyvää:																	
Huonoa:																	
Parannusehdotukset:																	

**4. YHTEENVETO DIGITAALISESTA AINEISTOSTA****Luettele viisi (5) tärkeintä aineistokokonaisuutta ja sen osaa mallipohjaisen suunnittelun kannalta?**

Lähtötietomallissa:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Suunnitelmamallissa:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

**Luettele viisi (5) pahinta puutetta tarjousvaiheen lähtöaineistossa?**

Lähtötietomallissa:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Suunnitelmamallissa:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

**4. YHTEENVETO DIGITAALISESTA AINEISTOSTA****Lähtötietokone**

Hyvät puolet:

---

---

Huonot puolet:

---

---

Parannusehdotukset:

---

---

---

**Yhdistelmämalli**

Hyvät puolet:

---

---

Huonot puolet:

---

---

Parannusehdotukset:

---

---

---



## 5. KOKONAISVALTAINEN NÄKÖKULMA



### Luettele viisi (5) tarjouspyyntöasiakirjoihin ja -aineistoihin liittyvää asiaa / aineistoa, jotka koet tärkeimmiksi osiksi tarjousta laadittaessa

Esim. tilaajan suunnitelman määrät, lähtöaineiston yksiselitteisyys, aikataulut/välitavoitteet, tarjouspyyntöasiakirjojen yksiselitteisyys, indeksisidonnaisuus, riskit, maksumekanismi, kannustimekanismi, jne.

1.

---

2.

---

3.

---

4.

---

5.

---

### Tarjousten vertailu ja arviointiperusteet

Miten tarjousten eri osa-alueita tulisi painottaa?

Laatu 

---

Referenssit 

---

Hinta 

---

yht. 

---

 100 %

Kiitos osallistumisestanne!

